## **Diplomarbeit**

GIS-gestützte Auswertung von Luftbildern aus dem Einzugsgebiet des Mladotického jezera (Mladotiçer See) in West-Tschechien zur Rekonstruktion des prä- bis postkommunistischen Landschaftswandels (1938 – 2005)



vorgelegt von Monika Sennekamp

Berlin, im Juli 2006

1. Gutachter: Prof. Dr. Achim Schulte – Freie Universität Berlin

2. Gutachter: Prof. Dr. Margot Böse – Freie Universität Berlin

#### **Danksagung**

Zum Gelingen dieser Arbeit haben viele Menschen einen wertvollen Beitrag geleistet. An dieser Stelle soll ihnen ein herzlicher Dank zukommen.

Zunächst gebührt Herrn PROF. DR. SCHULTE mein besonderer Dank für die Begleitung und Begutachtung dieser Arbeit. Bei Frau PROF. DR. BÖSE möchte ich mich für die Annahme und Zweitbegutachtung dieser Arbeit bedanken.

Mein herzlichster Dank gilt ROBERT WAGNER für die intensiven fachlichen Gespräche und Anregungen und die moralische Unterstützung. Auch in schwierigen Phasen hat er die Zeit und Geduld erübrigt um die manchmal unstrukturierten Gedanken wieder zu ordnen.

Ein großes Dankeschön möchte ich auch an MIKE RAMELOW und CHRISTIAN REINHARDT aussprechen, an deren Begleitung durch die gesamte Diplomarbeitsphase ich gerne zurückdenken werde. Insbesondere ihre Unterstützung bei den GIS-Arbeiten war sehr wertvoll und bereichernd.

Für die vielen fachlichen Anregungen und Gespräche bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich MASCHA ALBRECHT, ROBERT WENZEL und JENS BÖLSCHER besonders danken, deren Betreuung und Hilfsbereitschaft bei allen auftretenden Problemen sehr wertvoll war.

Ebenso geht ein herzlicher Dank an Anna Satra und Michal Jeniçek die mir besonders bei den Übersetzungen aus dem Tschechischen und der schwierigen Recherche und Beschaffung von Daten in Tschechien behilflich waren.

Meine Dankbarkeit gilt insbesondere meiner Familie und meinen Freunden, die zum Gelingen dieser Arbeit mit moralischer und tatkräftiger Unterstützung beigetragen haben.

## Inhaltsverzeichnis

Α	bbildungsverzeichnis	V
Ta	abellenverzeichnis	VIII
Α	bkürzungsverzeichnis	IX
1	Einleitung	1
	1.1 Problemstellung	2
	1.2 Fragestellung und Zielsetzung	3
2	Stand der Forschung	5
	2.1 Landnutzungswandel und Bodenerosion	5
	2.1.1 Veränderung in der tschechischen Landnutzung	5
	2.1.1.1 Die Bodenreformen von 1918 – 1948	5
	2.1.1.2 Kollektivierung landwirtschaftlicher Betriebe zu LEG von 1949 - 1975	7
	2.1.1.3 Institutioneller Wandel nach 1989	9
	2.1.2 Bodenerosion als Folge von Landnutzungsveränderung	11
	2.1.2.1 Definitionen, Ursachen und Auswirkungen von Bodenerosion	11
	2.1.2.2 Erscheinungsformen der Bodenerosion	13
	2.1.2.3 Erosionsbeeinflussente Faktoren	14
	2.1.2.4 Einfluss der Flurbereinigung auf die Erosion	16
	2.2 Regionaler Forschungsstand im EZG des Mladotického jezera	17
3	Das Untersuchungsgebiet	20
	3.1 Lage des Untersuchungsgebietes	20
	3.2 Geologie, Geomorphologie und Böden	21
	3.2.1 Geologie	21
	3.2.2 Geomorphologie	22
	3.2.3 Böden	25
	3.3 Klimatische Bedingungen und Hydrologische Verhältnisse	26
	3.3.1 Klima	26
	3.3.2 Hydrologische Verhältnisse	28
	3.4 Vegetation und Landnutzung	29
	3.4.1 Potenzielle natürliche Vegetation	29
	3.4.2 Tatsächliche Vegetation	31
	3.4.3 Landnutzung	32
	3.5 Entstehung des Mladotického jezera	33

4	Untersuchungsmethoden	35
	4.1 Kartierung im Untersuchungsgebiet	35
	4.2 Stereoskopische Luftbildauswertung	35
	4.3 Anwendung von GIS zur Luftbildinterpretation	36
	4.3.1 Erfassung der Datengrundlage	36
	4.3.2 Digitalisierung der Landnutzung	38
	4.3.3 Berechnung der Bodenerosionsparameter in GIS	41
	4.3.4 Datenauswertung	43
5	Ergebnisse	44
	5.1 Vorstellung der Luftbildmosaike des Untersuchungsgebietes	44
	5.2 Ergebnisse der Überblickskartierung	48
	5.3 Ergebnisse der stereoskopischen Bearbeitung der Luftbilder	52
	5.4 Ergebnisse der Bearbeitung der Luftbilder im GIS	56
	5.4.1 Landnutzungsveränderung in der Žihler Furche	56
	5.4.2 Landnutzungsveränderung im Teileinzugsgebiet	57
	5.4.3 Veränderung der Nutzungsformen von 1938 bis 1998	65
	5.5 Ergebnisse der Hangneigungsberechnung mit GIS	70
	5.6 Potenzielle Erosion im Einzugsgebiet des Mladotického jezera	72
6	Diskussion	75
	6.1 Bewertung der Qualität der Luftbildreihen	75
	6.2 Bewertung der digitalisierten Landnutzung des Teileinzugsgebietes	
	im Kontext des Landschaftswandels	76
	6.3 Bewertung der Datenübertragbarkeit vom Teileinzugsgebiet auf das	
	Einzugsgebiet	77
	6.4 Vergleich der Flächengrößenveränderungen mit Veränderungen in Baden-	
	Württemberg und der ehemaligen DDR	78
	6.5 Bewertung der Ergebnisse für die Ermittlung potenzieller Bodenerosions-	
	gefährdung	78
	6.6 Fehlerbetrachtung	83
	6.7 Grenzen bei der Bearbeitung von Daten mit GIS	84
7	Zusammenfassung	85
8	Literaturverzeichnis	88
9	Anhang	94

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Verlauf der Wassererosion	12
Abbildung 2	Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes	20
Abbildung 3	Das Einzugsgebiet des Mladotického jezera in West-Tschechien	21
Abbildung 4	Geologischer Aufbau des Einzugsgebiets des Mladotického jezera	22
Abbildung 5	Höhenstufung (Digitales Geländemodell) und Fließgewässernetz des Einzugsgebietes des Mladotického jezera in West- Tschechien	23
Abbildung 6	Profilschnitt durch das Einzugsgebietes des Mladotického jezera vom Berg <i>Nad Myslivnou</i> im Westen zum Berg <i>Lhodsky Vrch</i> im Osten	24
Abbildung 7	Profilschnitt durch das Einzugsgebietes des Mladotického jezera vom Mladotického jezera in Richtung Norden	24
Abbildung 8	Böden des Untersuchungsgebietes	25
Abbildung 9	Langjährige mittlere Jahresniederschläge	27
Abbildung 10	Jahresniederschlag in mm und durchschnittlicher Niederschlag pro Jahr im Zeitraum 1969 - 2002	27
Abbildung 11	Langjährige Jahresmitteltemperatur	28
Abbildung 12	Potentielle natürliche Vegetation im Einzugsgebiet des Mladotického jezera	30
Abbildung 13	Flächennutzungsverteilung im Einzugsgebiet des Mladotického jezera	33
Abbildung 14	Abgesperrtes Tal des Mladotický potok direkt nach der Rutschung von 1872	34
Abbildung 15	Methodische Vorgehensweise	37
Abbildung 16	Waldvegetation	38
Abbildung 17	Strauchvegetation	39
Abbildung 18	Kraut- und Grasvegetation	39
Abbildung 19	Siedlungsflächen	40
Abbildung 20	Befestigte Fläche	40
Abbildung 21	Gewässer	41
Abbildung 22	Auswertung von Höheninformationen für die Generierung der Hangneigungskarte des Einzugsgebietes	42
Abbildung 23	Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1938	44
Abbildung 24	Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1952	45
Abbildung 25	Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1975	46
Abbildung 26	Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1987	47
Abbildung 27	Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera	48

	1998	
Abbildung 28	Blick von der Abbruchkante östlich des Mladotického jezera nach Westen über das EZG	49
Abbildung 29	Blick südlich von Žihle nach Südwesten	49
Abbildung 30	Blick über die Brachfläche des ehemaligen Ziegeleistandortes in Richtung Osten	50
Abbildung 31	Blick über die Brachfläche des ehemaligen Ziegeleistandortes in Richtung Norden	50
Abbildung 32	Westlicher Randbereich der Brachfläche des ehem. Ziegeleistandortes	51
Abbildung 33	Ausschnitt aus der TK 25, Blatt 12-311 Mladotiçe	51
Abbildung 34	Erosionsformen im Untersuchungsgebiet nördlich von Odlezly	52
Abbildung 35 & 36	Terrassenanbau 1938 und 60 Jahre später - Fläche zwischen Mladotický und Bilovský potok	53
Abbildung 37 & 38	Terrassenanbau 1938 und das selbe Gebiet im Jahr 1998 - Fläche südlich des Bilovský potok, kurz vor der Mündung in den Mladotický potok	53
Abbildung 39 & 40	Alte Erosionsform westlich des Ortes Odlezly 1938 und 1998	54
Abbildung 41	Alte Erosionsform westlich des Ortes Odlezly im Luftbild 1998	54
Abbildung 42 & 43	Grabenerosion westlich des Ortes Odlezly im Luftbild von 1938 und 1952	55
Abbildung 44 & 45	Grabenerosion westlich des Ortes Odlezly im Luftbild von 1975 und 1987	55
Abbildung 46	Grabenerosion westlich des Ortes Odlezly im Luftbild von 1998	55
Abbildung 47 & 48	Ausschnitt eines Feldkomplexes nördlich von Žihle in den Jahren 1938 und 1952	56
Abbildung 49	Ausschnitt eines Feldkomplexes nördlich von Žihle in den Jahren 1975	57
Abbildung 50 & 51	Ausschnitt eines Feldkomplexes nördlich von Žihle in den Jahren und 1987 - 1998	57
Abbildung 52	Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1938	58
Abbildung 53	Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1952	59
Abbildung 54	Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1975	61
Abbildung 55	Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1987	63
Abbildung 56	Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1998	64
Abbildung 57	Gesamtflächenanteil der Kraut- und Grasvegetation am TEZG	65
Abbildung 58	Entwicklung der Flächengrößen der Kraut- und Grasvegetation im TEZG	65
Abbildung 59	Entwicklung der landwirtschaftlichen Schläge	66

Abbildung 60	Entwicklung der Waldvegetation im TEZG von 1938 bis 1998	67
Abbildung 61	Entwicklung der Strauchvegetation im TEZG von 1938 bis 1998	67
Abbildung 62	Entwicklung der befestigten Fläche im TEZG von 1938 bis 1998	68
Abbildung 63	Entwicklung der Siedlungsflächen im TEZG von 1938 bis 1998	68
Abbildung 64	Entwicklung der Gewässerfläche im TEZG von 1938 bis 1998	69
Abbildung 65	Entwicklung der Landnutzungsformen im TEZG von 1938 bis 1998	69
Abbildung 66	Karte der Hangneigung des Einzugsgebietes des Mladotického jezera	70
Abbildung 67	Karte der Hangneigung des TEZG	71
Abbildung 68	Karte der PWG für das Teileinzugsgebiet	73
Abbildung 69	Bildanordnung von Luftbildern bei Seitenwind ond ohne Kurskorrektur	75
Abbildung 70	Feldfläche Nr. 3 nördlich Žihle, Mai 2005	82
Abbildung 71	Feldfläche Nr. 3 nördlich Žihle, Winderosion auf unbedecktem Acker	82
Abbildung 72	Übersicht über das Untersuchungsgebiet	94
Abbildung 73	Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1938	95
Abbildung 74	Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1952	96
Abbildung 75	Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1975	97
Abbildung 76	Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1987	98
Abbildung 77	Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1998	99

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1	Die Betriebsgrößenstruktur in der tschechoslowakischen Landwirtschaft zum 27.05.1930	6
Tabelle 2	Die Betriebsgrößenstruktur in der tschechoslowakischen Landwirtschaft zum 1.März 1949	8
Tabelle 3	Die Betriebsgrößenstruktur in der tschechoslowakischen Landwirtschaft zum 1.1.1970	9
Tabelle 4	Mittlere Monatstemperatur von 1961 - 1990	28
Tabelle 5	Landnutzung der Region Pilzeń	32
Tabelle 6	Kartierte Flächen im Untersuchungsgebiet	49
Tabelle 7	Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1938	59
Tabelle 8	Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1952	60
Tabelle 9	Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1975	62
Tabelle 10	Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1987	63
Tabelle 11	Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1998	64
Tabelle 12	Flächengrößenentwicklung der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (Kraut- und Grasvegetation) des TEZG des Mladoticke jezera von 1938 – 1998	66
Tabelle 13	Flächenanzahl und Flächengröße in Beziehung zur Hangneigung	72

## Abkürzungsverzeichnis

DGM Digitales Geländemodell

EZG Einzugsgebiet

GGU Genossenschaftliche Gemeinschaftsunternehmung

GIS Geographisches Informationssystem

LEG Landwirtschaftliche Einheitsgenossenschaft

LGU Landwirtschaftliche Gemeinschaftsunternehmung

LN Landwirtschaftliche Nutzfläche

PWG Potenzielle Wassererosionsgefährdung

NN Normal Null

TEZG Teileinzugsgebiet

TIN Triangulated Irregular Network

## 1 Einleitung

Im Jahre 1872 führten Bauarbeiten an der Bahnstrecke Plzeň - Žatec in West-Böhmen zur Instabilität eines Hanges. Am 25. Mai desselben Jahres ergab sich aus dieser Instabilität in Kombination mit einem Starkregenereignis eine Massenbewegung oberhalb des Mladotický potok (Mladotiçer Bach), die den Talgrund abriegelte und den Mladotického jezera (Mladotiçer See) aufstaute.

Dieser recht junge See bietet die Möglichkeit, anhand von Sedimentarchiven und seit der Seeentstehung vorliegenden Niederschlags- und Abflussmessungen nahe gelegener Messstationen sowie anhand von Luftbildern Daten zu erheben und Prozesse zu identifizieren, die zur Sedimentbildung beigetragen haben. Mit Hilfe dieser Untersuchungen kann möglicherweise geklärt werden, inwiefern natürliche oder anthropogen verursachte Prozesse einen Einfluss auf die Seesedimentbildung gehabt haben.

Die Rekonstruktion der Erosionsdynamiken des 46 km² großen Einzugsgebietes des Mladotického jezera sind das Ziel eines von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderten und von der Freien Universität Berlin in Kooperation mit der Karls-Universität in Prag und der Friedrich-Schiller-Universität in Jena initiierten Forschungsvorhabens. In diesem Forschungsprojekt wird der "Einfluss des prä- bis postkommunistischen Landschaftswandels auf die Sedimentdynamik im Einzugsgebiet des Mladoticer Sees in West-Tschechien" untersucht.

Die Landnutzungsveränderung und ein damit einhergehender Landschaftswandel stellen ein wichtiges anthropogenes "Instrument zur Neuordnung und Gestaltung des ländlichen Raumes unter sich verändernden Gesellschaftsbedürfnissen dar" (BRONSTERT et al. 1993, S. III). In West-Europa hat sich unter dem Begriff der Flurbereinigung und in Ost-Europa unter dem Begriff der Kollektivierung seit den 1950er und 1960er Jahren ein deutlicher Landschaftswandel vollzogen. Flurbereinigung und Kollektivierung sind aufgrund ihres Einflusses auf Erosionsprozesse häufig Thema wissenschaftlicher Forschungsarbeiten (BORK et al. 2003, FRIELINGHAUS 1998).

Um die Sedimentdynamik im Einzugsgebiet des Mladotického jezera und die damit einhergehenden Prozesse vollständig erörtern zu können, bedarf es vielfältiger Parameter, zu denen auch der Landschaftswandel im Einzugsgebiet gehört, der als eine mögliche Ursache der Erosion und somit als Quelle von Sedimentakkumulation in dieser Arbeit untersucht wird.

Der Landschaftswandel im Einzugsgebiet des Mladotického jezera steht im Zentrum der vorliegenden Diplomarbeit, die in das o. g. Forschungsvorhaben integriert ist.

Im Verlauf des ersten Kapitels werden die ausführliche Problemstellung sowie die Fragestellung und die Zielsetzung dieser Arbeit erläutert. Im anschließenden Kapitel erfolgt die Dokumentation des aktuellen Standes der Forschung bezüglich des Landnutzungswandels und der Bodenerosion, der Veränderungen in der tschechischen Landnutzung sowie der Publikationen zum Untersuchungsgebiet. Das folgende Kapitel schildert die naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes. Im Anschluss daran werden in Kapitel 4 die angewandten Untersuchungsmethoden aufgezeigt. Die Ergebnisse werden im darauf folgenden Kapitel 5 analysiert und in Kapitel 6 eingehend diskutiert und bewertet. Das abschließende Kapitel 7 umfasst die Zusammenfassung und einen Ausblick.

## 1.1 Problemstellung

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft nach dem 2. Weltkrieg hat die Gefahr der Bodenerosion verstärkt. So wurden durch Maßnahmen der Flurbereinigung die Schläge vergrößert und vielfach die vormals trennenden Hecken, Gräben und Hangstufen entfernt (LINKE 1996). Durch eine gleichzeitig einsetzende intensivere Bewirtschaftung und stärkere Mechanisierung erfolgte eine Bodenverdichtung, die eine fluviale und äolische Bodenerosion begünstigte. Ebenso erhöht die rationalisierte Großflächenwirtschaft mit einem hohen Anteil an spätdeckenden Kulturpflanzen, wie Mais und Zuckerrüben sowie ein generell vereinfachter Fruchtwechsel die Erosionsgefahr beträchtlich (KUNTZE et al. 1994).

Im bereits unter Kapitel 1 Einleitung näher bezeichneten Forschungsvorhaben werden die Sedimente des Mladotického jezera als Archiv des prä- bis postkommunistischen Landschaftswandels ausgewertet und die Sedimentationsrate seit der Seeentstehung 1872 bis zum Beprobungszeitpunkt 2003 bestimmt. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen veränderter Landnutzung und Sedimentationsrate im See aufzuzeigen, werden

in der vorliegenden Arbeit Daten zum Landnutzungswandel im Einzugsgebiet des Mladotického jezera erhoben.

## 1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Der Landschaftswandel stellt einen wichtigen Faktor bei der Entstehung von Bodenerosion dar. Nach der von WISCHMEYER UND SMITH 1978 entwickelten "Allgemeinen Bodenabtragsgleichung" werden durch den Landschaftswandel mehrere Parameter, die zur Bodenerosion führen können, verändert. Hierzu zählen u. a. eine steigende Hanglänge und Hangneigung (Topographiefaktor) und eine erhöhte Bodenverdichtung durch Mechanisierung (Bodenbedeckungs- u. Bearbeitungsfaktor). Treten innerhalb eines Einzugsgebietes fluviale Bodenerosionsprozesse auf, kann eine Ablagerung in Sedimentfallen erfolgen (KUNTZE et al. 1994).

Die vorangegangenen Überlegungen ergeben für diese Arbeit folgende Fragestellungen:

- I. Hat es einen Landschaftswandel im Untersuchungsgebiet gegeben?
- II. Kann dieser Landschaftswandel mit Hilfe der vorliegenden Luftbilder visualisiert werden?
- III. Lässt sich dieser Landschaftswandel mit Hilfe einer Bearbeitung in GIS quantifizieren?
- IV. Lassen sich aus der GIS-Bearbeitung der Luftbilder und einer stereoskopischen Auswertung Bodenerosionsparameter ableiten?

Um diese Fragestellungen beantworten zu können, erfolgt eine Auswertung der Luftbilder des Einzugsgebietes des Mladotického jezera, für die ein repräsentatives Teileinzugsgebiet näher betrachtet wird. Daraus ergibt sich folgende Zielsetzung:

I. Es sollen mit Hilfe einer stereoskopischen Auswertung der Luftbilder des Einzugsgebietes des Mladotického jezera, einer GIS-gestützten Auswertung der Luftbilder sowie eines in ArcGIS digitalisierten Teileinzugsgebietes Aussagen über den Landschaftswandel von 1938 – 1998 getroffen werden.

- II. Mit Hilfe von GIS soll der Landschaftswandel visualisiert werden und sowohl flächenhafte als auch nutzungsbezogene Veränderungen über den Zeitraum von 1938 bis 1998 in einer Karte dargestellt werden.
- III. Aus den erzielten Ergebnissen sollen potenzielle Erosionsgefährdungen im Untersuchungsgebiet abgeleitet werden.

## 2 Stand der Forschung

## 2.1 Landnutzungswandel und Bodenerosion

Die seit Jahrtausenden stattfindende kulturbedingte Nutzung der Böden hat vielfach Eingriffe in den Bodenhaushalt und in die Bodenbedeckung mit sich gebracht. Die Abholzung von Waldbeständen zur Nutzholz- und Ackerlandgewinnung sowie die Nutzung des Bodens zur Nahrungsmittelproduktion, führten zu einer grundlegenden Veränderung der Vegetation und der Qualität der Böden (GÜNDRA 1995 & MORGAN 1999). Die Entwicklung der Landwirtschaft in Mitteleuropa in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts führte generell zu einer Zunahme der Erosionserscheinungen. Landnutzungswandel, Flurbereinigungsmaßnahmen und in den sozialistisch geprägten Ländern Verstaatlichungen von landwirtschaftlichen Betrieben und damit einhergehende Vergrößerungen von landwirtschaftlichen Flächen durch Kollektivierung, vergrößerten das Erosionspotenzial in landwirtschaftlich geprägten Gebieten um ein Vielfaches. Der Landnutzungswandel und die Bodenerosion stehen daher in direkter Beziehung zueinander (MORGAN 1999).

### 2.1.1 Veränderungen in der tschechischen Landnutzung

Die tschechische Landnutzung unterlag im 20. Jahrhundert einem starken Wandel. Vom vormals adeligen Großgrundbesitz entwickelte sich die Landnutzung über einen klein- und mittelbäuerlichen Charakter ab den 1920er Jahren hin zu einer von Kollektivierung und Staatsgütern geprägten Landnutzung seit Ende des 2. Weltkrieges (BAJAJA 1975). Extremen Veränderungen unterlag die tschechische Landschaft in den Jahren von 1950 bis zur "samtenen Revolution" 1989. Der bisher traditionelle Charakter der Landnutzung mit einem kleinmaßstäbigen Mosaik von Feldern und einem ausgeprägten Landstraßennetz wurde in dieser Zeit signifikant vereinfacht (LIPSKY 1994). Die Landnutzungsfläche der Agrargesellschaften vergrößerte sich um das 50-fache. Ebenso wurden Wiesen- und Auengebiete in die Landnutzung integriert und gepflügt. Die mechanisierte Landnutzung behindernde Elemente wurden entfernt. Die Agrarlandschaft wurde in dieser Zeit nur noch als Produktionsgebiet betrachtet (LIPSKY 1994).

#### 2.1.1.1 Die Bodenreformen von 1918 – 1948

Im Jahre 1918 wurde die erste tschechoslowakische Republik (ČSR) gegründet. Bei der bald darauf eingeleiteten Bodenreform wurde adeliger und sonstiger Großgrundbesitz nahezu vollständig enteignet und zu großen Teilen kleinen und mittleren Landwirten

zugeteilt um lebensfähige Familienbetriebe zu schaffen. Die ehemaligen Großgrundbesitzer wurden, bis auf wenige Ausnahmen, nicht vollständig enteignet. Ihnen blieb meist ein Grundeigentum bis zu 50 ha Landfläche erhalten sowie das Eigentum an Betrieben der Verarbeitungsindustrie (BAJAJA 1975).

Nach der Beschlagnahmung und Zuteilung der landwirtschaftlichen Fläche an die neuen Eigentümer und Pächter wurde 1930 eine Betriebsgrößenstruktur der Landwirtschaft wie sie in Tabelle 1 dargestellt ist ermittelt.

Größengruppe	Anzahl der	%	LN 1.000 ha	%	Durchschnittsgröße
in ha LN	Betriebe	, •		,~	in ha LN
Ohne Land	7.295	0,5			
Bis 2 ha	753.542	45,7	616,4	7,3	0,82
2 – 5 ha	444.099	26,9	1.478,4	17,6	3,35
5 – 20 ha	391.926	23,8	3.699,6	43,6	9,44
20 – 100 ha	46.667	2,8	1.495,2	17,6	32,04
Über 100 ha	5.075	0,3	1.277,0	13,9	231,92
Insgesamt	1.648.604	100,0	8.475,7	100,0	5,14

Tab. 1: Die Betriebsgrößenstruktur in der tschechoslowakischen Landwirtschaft zum 27.05.1930 (vgl. BAJAJA 1975).

Die Betriebe mit bis zu 2 ha Landnutzung wurden meist und vor allem in Böhmen von Nebenerwerbsbauern bewirtschaftet, die hauptberuflich als Industriearbeiter beschäftigt waren. Ab einer Größe von 5 – 10 ha galt ein landwirtschaftlicher Betrieb in den 1930er Jahren als lebensfähig (BAJAJA 1975).

Nach dem Ende des 2. Weltkriegs und dem Zusammenbruch der ČSR gab es umfassende Veränderungen in den Grundbesitzverhältnissen durch die Aussiedlung der deutschen Bevölkerung in den Jahren 1945 bis 1946. Diese sowie weitere Bodenreformen leiteten einschneidende Eingriffe auf dem Agrarsektor und in der Betriebsgrößenstruktur ein (BAJAJA 1975).

Der von den Deutschen konfiszierte Landbesitz wurde im Zuge der 2. tschechoslowakischen Bodenreform an tschechische und slowakische Neusiedler und

an Weidegenossenschaften übergeben. Ein Sechstel dieser Neusiedler verließ jedoch die Grenzgebiete bald wieder (vgl. URBAN, 1964). In Verbindung mit einer Dürresituation kam es 1947 zu Versorgungsschwierigkeiten, da der Arbeitskräftemangel nicht behoben werden konnte. Der verlassene Boden wurde an Staatsgüter übergeben um die Situation zu entschärfen.

Ein weiterer Punkt der 2. Bodenreform war die Revision der 1. Bodenreform, so dass alle Grundbesitzer ihren Besitz über 150 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche verloren und sämtlicher verpachteter Boden mit Ausnahme von Kleinbesitz unter 2 ha konfisziert wurde. Auch wurde bei den Grundbesitzern der Boden bis zu einer Fläche von 50 ha zum Aufkauf bestimmt (BAJAJA 1975).

Im Rahmen der 2. Bodenreform wurden 1.328.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche an Tagelöhner, Landarbeiter und Kleinlandwirte übergeben. Wirtschaftsgebäude, Nutzvieh und Landmaschinen gingen jedoch fast ausschließlich in Staatseigentum über. Trotz dieser Reform hatte die Landwirtschaft in der nach dem Ende des 2ten Weltkrieges gegründeten Tschechoslowakei (ČSSR) bis 1948 immer noch privatwirtschaftlichen Charakter und wurde von marktwirtschaftlichen Grundsätzen bestimmt.

#### 2.1.1.2 Kollektivierung landwirtschaftlicher Betriebe zu LEG von 1949 - 1975

Nach der noch 1948 existierenden Marktwirtschaft entwickelte sich das gesamtwirtschaftliche System zu einer Befehlswirtschaft und ging mit einer wachsenden Abhängigkeit des tschechoslowakischen Staates von der Sowjetunion einher. Die Betriebsgrößenstruktur änderte sich grundlegend. Nach und nach wurden auch Höfe mit 20 - 50 ha Landnutzungsfläche beschlagnahmt und Bauern mit landwirtschaftlichen Nutzflächen unter 15 ha wurden zum Teil enteignet. Eine lebensfähige Familienwirtschaft war fortan nicht mehr möglich. Die Maxime des Staates lautete nun, dass nur eine Kollektivierung des restlichen privaten Sektors nach Leninschem Genossenschaftsplan einen für die Tschechoslowakei möglichen Weg darstellen würde und eine Umstellung auf Großproduktion notwendig sei (BAJAJA 1975).

Im Vergleich zur Betriebsgrößenstruktur von 1930 (vgl. Tab. 1) lassen sich bis März 1949 (vgl. Tab. 2) bereits Veränderungen der Betriebsgrößen erkennen. Auffällig ist vor allem die Abnahme des Betriebsgrößenanteils bis 2 ha, der vormals den Nebenerwerb zugerechnet wurde. Die Anzahl der Betriebe verringerte sich bis zum Jahre 1949 um ca. 60.000.

Größengruppe in ha LN	Anzahl der Betriebe	%	LN 1.000 ha	%	Durchschnittsgröße in ha LN
Bis 0,5 ha	297.000	19,7	75	1,0	0,25
0,51 bis 2,00 ha	398.000	26,4	429	5,9	1,08
2,01 bis 5,00 ha	351.000	23,3	1.155	15,8	3,29
5,01 – 10,00 ha	255.000	16,9	1.735	23,7	9,44
10,01 – 20,00 ha	159.000	10,6	1.996	27,3	12,56
20,01 ha u. mehr	47.000	3,1	1.930	26,3	41,38
Insgesamt	1.507.000	100,0	7.320	100,0	4,86

Tabelle 2: Betriebsgrößenstruktur der tschechoslowakischen Landwirtschaft zum 1.März 1949 (vgl. Bajaja 1975)

Im Februar 1949 wurde das Gesetz über Landwirtschaftliche Einheitsgenossenschaften (LEG) verabschiedet. Mit diesem Gesetz wurde der Weg der tschechoslowakischen Landwirtschaft vollends geprägt. Die vormals kleinbetriebliche Familienwirtschaft wurde von einer überwiegend großbetrieblichen sozialistischen Wirtschaft abgelöst.

Dieser Umbruch vollzog sich über sechs verschiedene Etappen:

1949 - 1953	Erste Kollektivierungs- bzw. Sozialisierungsperiode
1953 – 1956	Stagnierende bis rückläufige Kollektivierung
1957 – 1960	Durchbruch der Kollektivierung bis zum Höhepunkt
1960 - 1965	Zusammenlegung von LEG und Überführung zahlreicher LEG in
	Staatsgüter
1966 – 1970	Konsolidierung der Betriebsgrößenstruktur und Bildung von GGU/LGU
ab 1970	Übergang zu Kooperationsgruppen, Intensivierung der Kooperation in der
	Landwirtschaft unter Staatskontrolle und weitere Betriebszusammen-
	legungen (BAJAJA 1975, S. 27/28)

Ab dem Jahr 1958 wurde der Ackerbau von Großbetrieben dominiert und bis zum Jahr 1973 wurde die Anzahl der Staatsgüter durch Zusammenlegungen immer geringer und sank von 338 auf 300. Ihre durchschnittliche Größe erhöhte sich auf eine Landnutzungsfläche von 4.843 ha mit einer Ackerfläche von 3397 ha im Gegensatz zu

1965, als die Landnutzungsfläche noch 4161 ha mit einer Ackerfläche von 2955 ha betrug (BAJAJA 1975).

In Tabelle 3 ist deutlich die Entwicklung zu einer Vergrößerung und Konzentration der landwirtschaftlichen Nutzfläche in wenigen Großbetrieben zu erkennen. Wurden 1949 noch knapp 50 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Betrieben mit einer Größe bis zu 10 Hektar bewirtschaftet (vgl. Tab. 2), waren es 1970 nur noch ca. 12 %, bei einer geringeren durchschnittlichen Betriebsgröße.

Größengruppe	Anzahl der		LN in		Durchschnittsgröße
in ha LN	Betriebe	%	1.000ha	%	in ha LN
Bis 0,5 ha	1270578	86,3	410,9	5,9	0,3
0,51 - 2 ha	179735	12,2	153,7	2,2	0,9
2,1 - 5 ha	48064	3,3	159,2	2,3	3,3
5,1 - 10 ha	21959	1,5	151,8	2,2	6,9
10,1 - 50 ha	4391	0,3	60,1	0,9	13,7
50,1 - 1.000 ha	6343	0,4	2898,5	41,6	457,0
> 1.000,1 ha	1392	0,1	3131,1	45,0	2249,4
Insgesamt	1472462	100,0	6965,3	100,0	4,7

Tabelle 3: Betriebsgrößenstruktur der tschechoslowakischen Landwirtschaft zum 1.1.1970 (vgl.: BAJAJA 1975).

In den zuvor deutsch besiedelten Grenzgebieten gab es jedoch Abweichungen von den o. g. Zahlen, denn dort wurden bis 1972 mehrere Staatsgüter zu riesigen Staatsbetrieben zusammengefasst. Beispielsweise wurden im Bezirk Bruntál 18 zuvor selbständige Staatsgüter mit einer Landnutzungsfläche von 78.036 ha zusammengefasst. Grund hierfür war das Bestreben, eine bessere Koordination der Arbeitskräfte und des Maschineneinsatzes in der Landwirtschaft zu gewährleisten, da in den Grenzgebieten auch zu diesem Zeitpunkt noch ein Arbeitskräftemangel zu verzeichnen war (BAJAJA 1975).

#### 2.1.1.3 Institutioneller Wandel nach 1989

Die Teilung der Tschechoslowakei in die Länder Tschechien und Slowakei fand im Jahre 1992 statt. Ein institutioneller Wandel setzte jedoch bereits nach der "samtenen Revolution" von 1989 ein (SCHLÜTER 2001).

Auf dem Gebiet der tschechischen Republik verlief dieser Wandel auf verschiedenen Ebenen und betraf vor allem die Prozesse der Privatisierung von Staatsbetrieben, der Transformation von Genossenschaften und der Restitution (ebd. 2001).

Die Restitution von Boden stellte sich in Tschechien als sehr problematisch heraus. Die starke Veränderung der Agrarstruktur durch den Sozialismus (Flurbereinigung, sehr große Schläge, Entfernung von Hecken und Rainen, ökologische Probleme) (Bičik & Jančák 2002), das fragmentierte Bodeneigentum mit 3 Millionen Anspruchsberechtigten bei ca. 3 Mio. Hektar Boden (Rabinowicz & Ratinger 1997) und die daraus resultierenden enormen Transaktionskosten um Verfügungsrechte wiederherzustellen, hemmen den Prozess der Umsetzung der Transformation sehr stark und verteuern den Privatisierungsprozess um ein Vielfaches (Schlüter 2001). Zusätzliche Probleme gibt es durch die verschiedenen vorgenommenen Bodenreformen, die zur Folge haben, dass mehrere Akteure Anspruch auf dieselbe Fläche erheben (Mathijs 1997).

BIČIK & JANČÁK (2002) beschreiben in ihrem Artikel "Transformation of the Czech Agriculture und Country after 1990" den Transformationsprozess in Tschechien als vierstufigen Prozess. Während der 1. Stufe zwischen 1995 und 1998 wurde ein großer Teil der Privatisierung und Restitution in Tschechien abgeschlossen. Ebenso fanden fundamentale Restrukturierungsmaßnahmen der Agrarstruktur statt und die Form der landwirtschaftlichen Betriebe veränderte sich stark. Darüber hinaus kam es zu einer weniger intensiven Nutzung der Agrarflächen und einer behutsameren Verwendung von Chemikalien und Düngemitteln und damit einhergehend zu einer geringeren Produktion von Agrarprodukten.

Die zweite Stufe der Transformation tschechischer Landwirtschaft ist nach Meinung der Autoren für die Jahre 1996 – 2004 zu erwarten. In dieser Periode soll der Restitutionsprozess abgeschlossen sein, es werden sich jedoch die Differenzen in der Struktur zwischen Landeigentümern und Landnutzern verstärken. Gleichzeitig werden sich nach Annahme der Verfasser neue Einflüsse auf die Landnutzung ergeben, die zu einer möglichen Verbesserung der landwirtschaftlichen Nutzfläche und einem geringeren Bodenabtrag führen können. Hierzu zählen sie das Wiederaufforsten, die Einführung von Bioproduktionen und die Zunahme der Wiesen- und Weidenflächen (BIČIK & JANČÁK 2002).

Die dritte Stufe der Transformation wird sich nach BIČIK & JANČÁK (2002) in den Jahren von 2004 bis 2012 vollziehen. Der Eintritt Tschechiens in die Europäische Union im Jahr 2004 wird von den Autoren als Wendepunkt der Transformation angesehen. Durch den Beitritt erwarten sie für Tschechien eine Liberalisierung der Märkte und gleichzeitig für die Agrarbetriebe Unterstützung aus europäischen Fonds. Auch bei der Wiederaufforstung und der Umwandlung von Ackerland in Grasland erwarten die Autoren Subventionen aus Programmen der EU und dass sich der in der zweiten Stufe erwartete Transformationsprozess in der 3. Stufe weiter fortsetzen wird.

Die vierte Stufe der Transformation prognostizieren BıČık & Jančák (2002) ab dem Jahr 2012 mit der Liberalisierung der Märkte, die eine Stabilisierung der Agrarstrukturen mit sich bringen soll.

## 2.1.2 Bodenerosion als Folge von Landnutzungsveränderung

#### 2.1.2.1 Definitionen, Ursachen und Auswirkungen von Bodenerosion

Geomorphologisch wird die Bodenerosion als Abtragung der Erdoberfläche bezeichnet. Sie kann durch Wasser oder Wind erfolgen, sofern keine feste Vegetationsdecke diesen Prozess verhindert (BREBURDA & RICHTER 1998). In der Bodenkunde wird der Erosionsbegriff unterteilt in eine "normale Erosion" und in eine "kulturbedingte Erosion". Die "normale Erosion" findet unter einem natürlichen dynamischen Gleichgewicht zwischen Boden und Vegetation statt, bei welchem die Abtragung im Gleichgewicht mit Verwitterung und Bodenneubildung steht. Im Gegensatz dazu unterliegt bei einer "kulturbedingten Erosion" das natürliche Gleichgewicht einer grundlegenden Verschiebung durch den Menschen (BREBURDA & RICHTER 1998).

Die Bodenerosion ist ein zweiphasiger Prozess, der aus Ablösung und Transport einzelner Bodenpartikel durch Wasser und / oder Wind besteht. An diesen Prozess schließt sich eine dritte Phase - die Sedimentation von Bodenpartikeln - an (vgl. Abb. 1), die eintritt, wenn nicht mehr ausreichend Energie für einen Transport vorhanden ist (MORGAN 1999).

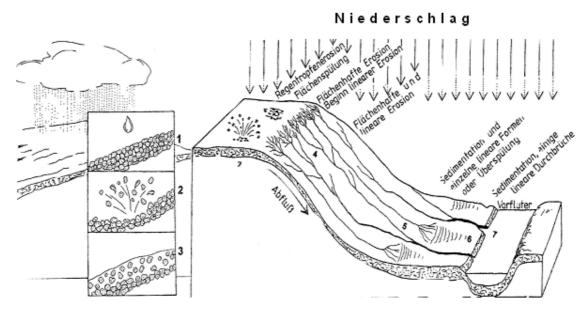


Abb. 1: Verlauf der Wassererosion (vgl. LUNG 2002)

Die Ursachen für die Ablösung von Bodenpartikeln können stark variieren. Dass die oben genannten Prozesse überhaupt zu einer Ablösung von Bodenpartikeln führen können liegt hauptsächlich an einer mangelnden Bodenbedeckung. Diese resultiert aus der kulturbedingten Nutzung der Böden, die bereits in der Frühzeit einsetzte und im Mittelalter bei steigender Bevölkerungszahl, durch eine Ausweitung des Landbaus und damit einhergehenden Waldrodungen, weiter zunahm (BREBURDA & RICHTER 1998).

Ein wichtiger erosionsauslösender Prozess ist der sogenannte "splash-Effekt" (vgl. Abb. 1). Dieser entsteht beim Auftreffen von Regentropfen auf eine unbedeckte Bodenoberfläche, so dass die Tropfen zerspringen und gleichzeitig Bodenpartikel über mehrere Zentimeter durch die Luft schleudern können (AUERSWALD 1998 & MORGAN 1999). Ein frisch bearbeiteter Boden mit feiner Aggregierung wird durch diesen Vorgang verschlämmt, so dass aufgrund fehlender Grobporen kein Niederschlagswasser mehr infiltrieren kann. Das Niederschlagswasser reichert sich an der Bodenoberfläche an und fließt als Oberflächenabfluss ab. Die Instabilität der oberen Bodenschicht nimmt bei Fortdauern des Regens zu und gelöste Teilchen werden erodiert (LUNG 2002).

Eine weitere Erosionsursache ist die Auflockerung des Bodens durch mechanische und biochemische Verwitterungsprozesse. Auf landwirtschaftlichen Flächen sind Bodenbearbeitungsmaßnahmen und Trittbelastungen von Mensch und Tier große Einflussfaktoren bei der Ablösung von Bodenpartikeln, da diese Prozesse zu einer Auflockerung des Bodens führen und somit eine leichtere Verlagerung der Bodenpartikel durch Wasser und Wind ermöglicht wird (MORGAN 1999). Bewirtschaftung und Befahrung

können hingegen eine hohe mechanische Bodenbelastung hervorrufen, die zu einer reduzierten Wasserinfiltration führt (LUNG 2002).

Auch unterliegen unterschiedliche Böden unterschiedlich stark der Winderosion. Die für Winderosion anfälligsten Böden sind trockene Feinstsand- und Anmoorböden. Ein weiterer Faktor liegt in der Windoffenheit einer Landschaft. Beträgt ihr Flurgehölzabstand mehr als 300 m und liegt er quer zur Hauptwindrichtung kann Winderosion eintreten (LUNG 2002).

Die Auswirkungen der Bodenerosion auf eine Kulturlandschaft werden zwischen on-siteund off-site-Schäden unterschieden (KASTELL & STÜDEMANN 1995).

Als on-site Wirkungen werden die Effekte die am Ort der Abtragung ausgelöst werden bezeichnet. Hierzu gehören Veränderungen der mechanischen, hydraulischen, biologischen und chemischen Eigenschaften des Bodens, die sich hauptsächlich auf die Oberfläche und den Oberboden einer Kulturlandschaft beziehen (KASTELL & STÜDEMANN 1995, GERLINGER 1997, RICHTER 1998).

Die off-site Wirkungen und Erscheinungen der Bodenerosion finden auf dem Transportweg von Boden und Wasser und bei Ablagerung sowie bei Einmischung in Gewässer statt. Sie beziehen sich auf das Grundwasser oder den außerhalb von Bodenerosion betroffenen Bearbeitungsschlag (KASTELL & STÜDEMANN 1995).

#### 2.1.2.2 Erscheinungsformen der Bodenerosion

Die Bodenerosion kann u.a. flächenhaft, rinnenhaft und in Gräben erfolgen (AUERSWALD 1998). Flächenhafte Erosion kann durch Wind, Oberflächenabfluss oder "Splash-Effekte" ausgelöst werden. Bei der Flächen- oder Schichterosion wird fein zerteilter Boden von der Fläche transportiert und hinterlässt keine ausgeprägten Akkumulationen. Meist lässt sich der flächenhafte Bodenabtrag nur schwer quantifizieren, so dass es häufig zu einer Unterschätzung des wirklichen Abtrags kommt (AUERSWALD 1998). Rinnenhafte Erosion wird durch Oberflächenabfluss ausgelöst. Diese lineare Erosionsform kann auf Böden Abflussbahnen in Rillen (bis ca. 10 cm Tiefe) oder bei zunehmendem Abfluss in Rinnen (10 - 40 cm Tiefe) ausbilden, die häufig auf wenig kohäsiven, sandigen Böden auftreten. Diese Form der Erosion tritt häufig am Hang und in Geländemulden auf, in denen sich der Abfluss eines großen Einzugsgebietes konzentriert (AUERSWALD 1998, TLfU 1996). Treten diese linearen Formen dauerhaft auf und sind sie tiefer als 40 cm, werden sie als Graben oder Gullyerosion bezeichnet. Die Gräben können mehrere Meter breit werden, und ihre Ausräumung wird durch den "Splash-Effekt" induziert. Dieser verschlämmt die Bodenoberfläche und verstärkt den Abfluss, so dass es zu einem Ausräumen der Gräben

und gleichsam zu einer Vertiefung und Verbreiterung der Erosionsformen kommen kann (AUERSWALD 1998, TLfU 1996).

Weitere wichtige Erscheinungsformen der Bodenerosion sind Akkumulationen des erodierten Bodens. Diese beinhalten meist nicht den gesamten Abtrag einer Fläche, da besonders Bodenmaterial, das für eine Verlagerung nur geringe Schleppkräfte benötigt, wie z.B. Ton, über die Akkumulationsformen hinaus verfrachtet werden kann und somit nicht mehr erfassbar ist (TLfU 1996).

#### 2.1.2.3 Erosionsbeeinflussende Faktoren

In der Erosionsforschung werden verschiedene Faktoren definiert, die einen Einfluss auf das Erosionsverhalten eines Bodens ausüben. Zu diesen Faktoren gehören u. a. die Erosivität, die Erodibilität, die Hangneigung sowie die Art der Pflanzendecke (MORGAN 1999).

Bei der Erosivität wird zwischen Regen- und Winderosivität des Bodens unterschieden. Die Regenerosivität bezeichnet die Fähigkeit des Regens, Abfluss auszulösen. Diese Fähigkeit steigt mit Niederschlagsmenge und –intensität an. Jedoch muss die Niederschlagsintensität, um wirken zu können, größer sein als die Infiltrationsrate des Bodens.

Die Winderosivität bezeichnet die kinetische Energie des Windes, die benötigt wird, um Bodenpartikel aus dem Boden zu lösen. Sie lässt sich aus der Geschwindigkeit und Dauer eines Windes berechnen (MORGAN 1999).

Die Erodibilität gibt den Widerstand des Bodens gegen Ablösung und Transport an. Wichtigste Einflussgrößen auf die Erodibilität sind die Bodeneigenschaften. Die Erosionsfähigkeit eines Bodens wird durch seine Textur, Aggregatstabilität, Scherfestigkeit, Infiltrationskapazität und seine organischen und chemischen Bestandteile beeinflusst und verändert. Weitere Einflussgrößen auf die Erodibilität sind die Topographie, die Hangneigung sowie der Grad der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung bzw. die Störung des Bodengefüges (MORGAN 1999).

Die Zunahme der Hangneigung und –länge wirkt sich verstärkend auf den Erosionsprozess aus, da aus ihr eine Geschwindigkeits- und Volumenzunahme und somit eine höhere Schleppkraft des Oberflächenabflusses resultiert (GERLINGER 1997). Durch ein Auftreffen von Regentropfen ("Splash-Effekt") auf eine geneigte Fläche gelangen mehr Bodenpartikel in Suspension als auf ebenen Flächen. Diese werden abwärts transportiert, so dass der Einfluss der Hangneigung deutlich wird (MORGAN, 1999). Als allgemeiner Richtwert für den Beginn der Wassererosion gelten Hanglängen größer 50 m und Hangneigungen größer 4 % (LUNG 2002).

Eine wichtige Bedeutung für das Abflussgeschehen hat auch die Hangform. So nimmt der Oberflächenabfluss bei einem konvexen Hang im Bereich des Hangfußes zu – mit einer Verstärkung der Erosionsprozesse. Im Gegensatz dazu ist bei konkaven Hängen ein erhöhter Abfluss im Oberhang festzustellen, so dass auch dort Erosionsformen verstärkt auftreten (GERLINGER 1997).

Ein sehr wichtiger Faktor ist der Einfluss der Pflanzendecke auf den Boden. Die Vegetationsbedeckung wirkt wie eine Schutzschicht, die einen Angriff von Wind und Wasser abpuffert. Bei Langzeituntersuchungen über einen Zeitraum von 10 Jahren konnten Hudson & Jackson bereits im Jahr 1959 mit einem Moskitonetzversuch einen deutlichen Unterschied des Bodenabtrags auf einer bedeckten und einer unbedeckten Parzelle nachweisen. Während die unbedeckte Parzelle einen jährlichen Bodenverlust von 126,6 t/ha aufwies, lag der jährliche Bodenverlust auf der mit einem Moskitonetz bedeckten Fläche mit 0,9 t/ha deutlich darunter. Dieser Versuch zeigt, dass die Aufprallgeschwindigkeit des Regens auf den Boden mit Hilfe der Vegetation gesenkt werden kann, so dass es zu geringerem Abtrag kommt.

Eine unterschiedliche Landnutzung oder Bodenbedeckung bewirkt eine unterschiedliche Rauhigkeit. Die Rauhigkeit bewirkt eine Geschwindigkeitsverringerung des von einer Fläche abfließenden Wassers. Dichte, gleichförmige Vegetationsdecken weisen die stärkste Geschwindigkeitsverringerung auf. Ist die Vegetation bspw. in Gruppen oder Reihen angepflanzt (z.B. Mais), schützt sie den Boden weniger gegen Abtrag und kann zu Abflusskonzentrationen zwischen diesen Pflanzenreihen führen (MORGAN 1999). Liegt der Anteil der Bodenbedeckung unter 50 % kann es zu Erosion kommen (LUNG 2002). Ist eine Fläche mit Wald bestockt, werden aufgrund der hohen Evapotranspirations-, Interzeptions- und Infiltrationsraten nur geringer Abflussraten erzeugt. Diese führen kombiniert mit der schützenden Streuschicht des Waldbodens zu niedrigen Erosionsraten (Morgen 1999 & Gryschko et al. 2006)

Diese oben genannten Faktoren mit Ausnahme der Hangform haben WISCHMEYER & SMITH (1978) in ihrem Modell Universal Soil Loss Equation (USLE) bzw. SCHWERTMANN et al. (1987) in ihrer aus der USLE entwickelten deutschen Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) zusammengefasst. Mit Hilfe dieses Modells, welches an das jeweilige Untersuchungsgebiet angepasst werden muss, lässt sich ein möglicher

Bodenabtrag durch Wasser über einen Mindestzeitraum von zehn Jahren abschätzen (GÜNDRA et al. 1995 & Schmidt 1998). Das Modell verbindet den Regen- und Abflussfaktor R, den Bodenerodierbarkeitsfaktor K, den Hanglängenfaktor L, den Hangneigungsfaktor S, den Bodenbedeckungs- und Bodenbearbeitungsfaktor C sowie den Bodenschutzfaktor P zu einer Prognose über den mittleren, langjährigen Bodenabtrag A, so dass sich daraus folgende Formel ergibt:

Im Gegensatz zu physikalisch begründeten Modellen erfordert die ABAG durch die Auswahl ihrer Faktoren durch statistische Verfahren einen wesentlich geringeren Aufwand. Bei ihrer Anwendung muss jedoch beachtet werden, dass sie nur eingeschränkt übertragbar ist. Beispielsweise ist die ABAG ein Modell für gestreckte, ungegliederte Hänge und kann nicht für Hangmulden und darin ausgelöste Linienerosion angewandt werden. Ebenso kann die ABAG nur bei einem K-Faktor mit bis zu 70 % Schluff- und Feinstsandgehalt sicher bestimmt werden (GÜNDRA et al. 1995).

#### 2.1.2.4 Einfluss der Flurbereinigung auf die Erosion

Bereits im Jahr 1966 weist NIESMANN bei seinen "Untersuchungen über Bodenerosion und Bodenerhaltung in Verbindung mit Flurbereinigung" auf Einflussfaktoren der Landnutzung auf Bodenerosion hin.

In den Jahren 1950 – 1970 wurden in Westdeutschland Flurbereinigungsmaßnahmen durchgeführt. Ein ähnlicher Wandel vollzog sich im Rahmen der Kollektivierung in Ostdeutschland und Osteuropa. Die mittleren Bodenerosionsraten auf Ackerstandorten in Deutschland stiegen seit dieser Zeit um ca. 300 % im Vergleich zu den ersten 50 Jahren des 20. Jahrhunderts (BORK et al. 1998). Durch Flurbereinigungsmaßnahmen hat es deutliche Veränderungen im Landschaftsbild gegeben. Die Flurbereinigung umfasste die Asphaltierung bzw. Betonierung zuvor begrünter Wege, den Bau von wegbegleitenden Entwässerungsgräben, die Veränderung von Form und Größe der Schläge, die Beseitigung von Hecken und Streuobstwiesen zur Ackernutzung, die Drainierung staunasser Bereiche, den Aus- und Umbau von kleinen Fließgewässern sowie den Rückbau von Anbauterrassen (BRONSTERT et al. 1993 & BORK et al. 2003). Durch die Beseitigung von Landschaftsschutzelementen und bodenschützenden Strukturen im Zuge dieser Maßnahmen konnte Oberflächenwasser über längere Strecken abfließen (BORK et al. 2003). Die Flurbereinigung hat resultierend daraus starke Auswirkungen auf die Abflussbildung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (MENDEL 2000). Im Zuge der

Flurbereinigung unterlag auch die Landwirtschaft einem gravierenden Wandel. Die Modifizierung von Bearbeitungstechniken und schwere Maschinen führten zu einer verminderten Infiltrationskapazität durch eine Verdichtung der Böden. Ebenso wurden neue Feldfrüchte eingeführt und Fruchtfolgen verändert, so dass die Bodenstruktur destabilisiert wurde (BORK et al. 2003). Die verminderte Infiltrationskapazität sowie die Destabilisierung der Bodenstruktur stellen Faktoren dar, die zu einem erhöhten Oberflächenabfluss beitragen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

### 2.2 Regionaler Forschungsstand zum EZG des Mladotického jezera

Um die Ergebnisse dieser Arbeit in den wissenschaftlichen Diskurs zum Einzugsgebiet des Mladotického jezera einordnen zu können, werden in diesem Kapitel die Ergebnisse bereits vorliegender Publikationen zum Untersuchungsgebiet angeführt.

BOHUMIR JANSKÝ führte 1972 erste Untersuchungen am Mladotického jezera durch. In seinen Arbeiten beschreibt er erstmals die Genese des 1872 entstandenen Sees (JANSKÝ 1976) und die angefertigten tachymetrische Aufnahmen des Seegrundrisses, bei denen die Seefläche - abzüglich vorhandener Sedimentinseln - mit 5,8562 ha berechnet wird und mit Hilfe bathymetrischer Kurven das Volumen des Seebeckens mit 141.380 m³ bestimmt wird (JANSKÝ 1977). Eine weitere Tiefenmessung des Sees erfolgte 1990 und wird von JANSKÝ & URBANOVA (1994) beschrieben. Mit Hilfe der vorgenommenen Untersuchungen erfolgten Prognosen zur Dynamik und Verlandung des Seebeckens sowie zu seiner weiteren Entwicklung (JANSKÝ 1994). Der Vergleich der tachymetrischen Messungen ergibt nach Berechnungen des Autors eine Verringerung der maximalen Seespiegeltiefe um ca. 1,44 m. Zugleich stellt JANSKÝ ebenfalls eine Verminderung der Seespiegelfläche um ca. 27 % fest, bei der angemerkt werden muss, dass die im See liegenden Sedimentinseln von 802 m² im Jahr 1972 auf eine Größe von 3.895 m² angewachsen sind. Ebenfalls wird berechnet, dass sich das Volumen des Seebeckens um 28,4 % verringerte und im Jahr 1990 nur noch 101.199 m³ beträgt. JANSKÝ (1994) leitet daraus eine Sedimenterhöhung von 40.181 m³ für die Periode von 1972 – 1990 ab.

Eine weitere Publikation erfolgt von JANSKÝ et al. im Jahr 1999. Darin berichten die Autoren über eine Analyse im Untersuchungsgebiet hinsichtlich der Bodenerosion. Unter anderem wurde eine "Berechnung der vermuteten Erosion und Ableitung der kritischen Länge der Länder/Grundstücke bzw. Ackerflächen" durchgeführt. Mit Hilfe der für das

Untersuchungsgebiet veränderten Gleichung von WISCHMEYER & SMITH (1978) wird in dieser Arbeit für einzelne Grundstücke im Einzugsgebiet des Mladotického jezera der Bodenverlust durch Erosion berechnet. Die berechnete Bodenerosion der einzelnen Flächen ergibt sehr unterschiedliche Beträge, die in Abhängigkeit zu den in Kapitel 2.1.2.3 bereits benannten bodenerosionsbeeinflussenden Faktoren, wie z. B. der angebauten Kulturpflanzen oder der Hangneigung und -länge, bewertet werden. Die Autoren berechnen auf Flächen mit Maisanbau einen Bodenabtrag von ca. 6,8 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, der im Durchschnitt um ca. 2 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> höher liegt, als auf Flächen mit Getreideanbau. Bei starken Hangneigungen werden sogar Werte von ca. 8 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> Bodenabtrag berechnet. Die höchsten Erosionswerte im Einzugsgebiet werden mit einem Abtrag von ca. 14,5 t ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> südwestlich von Zihle berechnet. In diesem Gebiet sind die Ausgangsbedingungen besonders ungünstig. Eine starke Hangneigung und eine große Hanglänge ebenso wie ein anfälliges Bodensubstrat und Getreideanbau auf dieser Ackerfläche begünstigen den Bodenabtrag. Weiterhin wird beschrieben, dass in einem anderen Teilbereich des Einzugsgebietes die Existenz von Anbauterrassen die Bodenerosion verringert, sie jedoch auch dort mit einem Bodenabtragswert von bis zu 2,39 t ha-1 a-1 nicht vollständig verhindert werden kann. Zusammenfassend stellen die Autoren bei der Untersuchung fest, dass es im Einzugsgebiet neben dem Terrassenanbau zu einem großen Anteil zu einer Minderung des Bodenabtrags kommt, sofern Bodendecker wie Kleegras oder Luzerne ausgesät werden, anstatt weiter Getreideanbau zu betreiben.

In einem anderen Teil dieser Arbeit beschäftigen sich die Verfasser mit den historischen und gegenwärtigen Anzeichen fluvialer Erosion im Untersuchungsgebiet, die bei Feldbegehungen aufgenommen wurden (JANSKÝ et al. 1999). Die Autoren stellen fest, dass es viele Erosionskerben im Untersuchungsgebiet gibt, die sie - angelehnt an Untersuchungen benachbarter Gebiete - auf eine Entstehungszeit im 13. und 14. Jahrhundert datieren, als die Besiedlung des Gebietes einsetzte. JANSKÝ et al. (1999) stellen zudem fest, dass eine weitere anthropogene Nutzung der Gebiete zu einer Verstärkung der Erosion führte, die ihren Höhepunkt durch die Verbindung von wirtschaftlich-technischer Bearbeitung mit extremen Starkniederschlägen zwischen den Jahren 1872 (Entstehung des Mladotického jezera) und 1897 erreichte. Die Verfasser berichten, dass im Anschluss an diese Ereignisse erste Bodenschutzmaßnahmen ergriffen wurden, im Zuge derer Schluchtsysteme stabilisiert wurden. Die meisten historisch entstandenen fluvialen Erosionsformen befinden sich nach Ansicht der Autoren auf karbonatischem Untergrund (vgl. Kap. 3.2.1). Das Gefälle der einzelnen Flächen reicht von exponierten Lagen mit 5 - 12° Neigung in den östlichen Waldgebieten des Einzugsgebietes bis hin zu flacheren, weniger abschüssigen Arealen in der Žihler Furche.

Auf phyllitischem Untergrund gibt es nahe Preborov ebenfalls Erosionsrillen, südlich des Bilovsky potok. Zudem haben JANSKÝ et al. (1999) ein ausgedehntes Schluchtensystem westlich Odlezly kartiert. Die Autoren merken jedoch an, das dieses Schluchtensystem ohne jegliche weitere Stabilisierung zugeschüttet wurde und als Ackerland genutzt wird, so dass sich rezente Erosionsformen in diesem Bereich entwickeln konnten. Weiterhin kartieren die Autoren die jüngeren Erosionsbahnen auf den landwirtschaftlichen Flächen des Untersuchungsgebietes oftmals entlang alter Erosionsstrukturen und stellen fest, dass seit Beginn der kommunistischen Kollektivierung in der Landwirtschaft eine Belebung der alten Erosionsprozesse im Einzugsgebiet stattfindet, die vielfach zu Erosionsformen mit geringerer Ausdehnung wie z. B. Erosionsrillen führt. Des Weiteren stellen die Verfasser fest, das im Untersuchungsgebiet eine Vergrößerung des Querprofils der Bäche aufgrund von Ufererosion erfolgt, die trotz stabilisierender Vegetation stattfindet. JANSKÝ et al. (1999) kommen zu dem Schluss, dass die rezente Fluvialerosion hauptsächlich auf landwirtschaftlich genutzten Flächen im Frühjahr nach der Schneeschmelze und im Sommer bei Regenereignissen stattfindet und von der Anbauart und Aussaat der Kulturpflanzen abhängig ist.

Mit Beginn des länderübergreifenden Projektes "Einfluss des prä- bis postkommunistischen Landschaftswandels auf die Sedimentdynamik im Einzugsgebiet des Mladotiçer Sees (West-Tschechien)" kam es zu weiteren Untersuchungen im Einzugsgebiet. Um den Aufbau der Sedimente analysieren und hinsichtlich des Abflusses und der Nutzungsveränderung im Einzugsgebiet bewerten zu können, wurden im Zuge der Bearbeitung sedimentstratigraphische, physikalische, chemische, mikropaläoontoloisotopengeochemische sowie Dünnschliff-Untersuchungen gische, (ALBRECHT in prep. & SCHULTE et al. 2006). Die dabei ermittelten Sedimentationsraten zeigen einen geringen Anstieg der Sedimentation von 2,2 cm/a im Zeitraum 1954 – 1963 auf 2,7 cm/a im Zeitraum von 1963 - 1978. Zwischen 1986 und 2003 lag die durchschnittliche Sedimentationsrate bei 2,4 cm/a. SCHULTE et al. (2006) schließen daraus, dass möglicherweise Kolluvien, Alluvien und der Einlaufbereich des Sees als zwischenzeitlicher Sedimentspeicher dienten.

## 3 Das Untersuchungsgebiet

## 3.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Das Einzugsgebiet (EZG) des Mladotického jezera (Mladotiçer See) (vgl. Abb. 2) liegt in West-Tschechien, ca. 30 km nördlich von Plzeň (Pilsen) im Verwaltungsbezirk Plzeň Sever (Pilsen Nord), nordöstlich der Střely (Střela) zwischen 50° und 50°5' nördlicher Breite und 13°19' und 13°29' östlicher Länge. Das EZG gehört orographisch zu den Jeseniçer Bergen, die ein Teilbereich des Berounkagebietes (Beroungebietes) des tschechischen Berglandes sind. Es erstreckt sich von Nord nach Süd über eine maximale Länge von ca. 6,4 km und von West nach Ost über eine maximale Breite von ca. 10,7 km, auf einer Fläche von ca. 46 km².

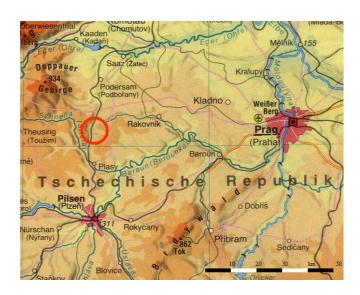


Abb. 2: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets (vgl. DIERCKE 1996)

O Untersuchungsgebiet

Der Mladotického jezera liegt auf einer Höhe von 413 m über NN und ist der viertgrößte und jüngste See Tschechiens (JANSKY 1994). Der ca. 4,74 ha große See (SCHULTE et al. 2006) befindet sich zwischen Flusskilometer 6 und 7 des Mladotický potok (Mladotiçer Bach). Dieser mündet nach weiteren sechs Kilometern linksseitig in die Střely, die wiederum zum Einzugsgebiet der Berounka gehört und südlich von Prag in die Vlatava (Moldau) fließt.

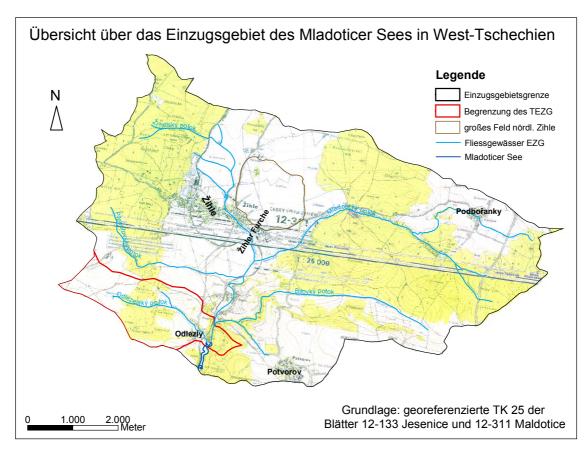


Abb. 3: Das Einzugsgebiet des Mladotický jezera in West-Tschechien

Die Abbildung 3 zeigt die Grenzen des Einzugsgebietes und des Teileinzugsgebietes (TEZG) auf Grundlage der zusammengefügten georeferenzierten TK 25 der Blätter 12-133 Jeseniçe und 12-311 Mladotiçe. Das TEZG nimmt eine Fläche von ca. 3,69 km² des ca. 46 km² großen Gesamteinzugsgebiets ein und befindet sich im südwestlichen Randbereich des Untersuchungsgebietes. Der in der Abbildung 3 integrierte Feldumrisst aus dem Jahr 1998 zeigt eine Fläche in der Žihler Furche mit einer Größe von ca. 1,9 km², die in Kapitel 5.4.1 betrachtet wird (vgl. Anhang).

### 3.2 Geologie, Geomorphologie und Böden

#### 3.2.1 Geologie

Die Geologie des Einzugsgebietes des Mladotického jezera wird durch paläozoische (karbonische) Schiefertone, Tonsteine, Sandsteine und Konglomerate die sich von Süd nach Nordnordost erstrecken bestimmt. Im Nordwesten gliedert sich ein Granitpluton an. Phyllite und Spillite des Proterozoikums flankieren im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes die o. g. paläozoischen Schichten. Im östlichen Bereich steht paläozoischer Granodiorit an. In den Talauen und im Bereich der Bachläufe des

Untersuchungsgebietes sind die oben genannten älteren Schichten durch quartäre Sedimente überlagert (Geologická Mapa ČR 1996) (vgl. Abb. 4).

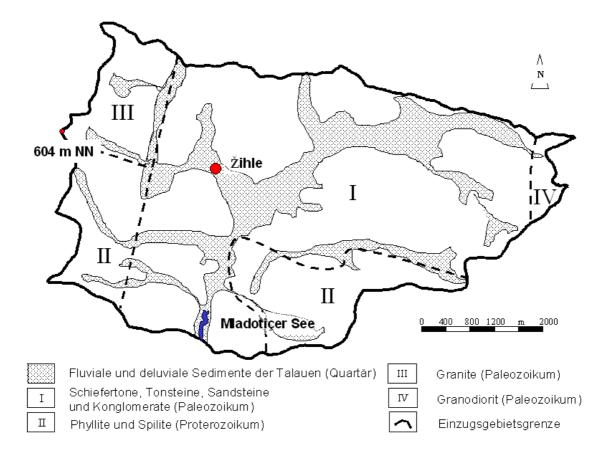


Abb. 4: Geologischer Aufbau des Einzugsgebietes des Mladotického jezera (erstellt nach Geologická Mapa ČR 1996, Blatt 12-13 Jeseniçe und Blatt 12-32 Plasy)

#### 3.2.2 Geomorphologie

Die höchsten Erhebungen im Einzugsgebiet des Mladotického jezera befinden sich mit 605 m über NN (Nad Myslivnou) im westlichen und mit 600 m über NN (Lhotsky Vrch) im nordöstlichen Teil. Von diesen Erhebungen fällt das Gelände ungleichmäßig in den zentralen Bereich des Einzugsgebietes bis auf eine Höhe von ca. 440 m über NN und weiter in Richtung Süden bis zum Mladotického jezera auf 413 m über NN ab. Daraus ergibt sich ein relativer Höhenunterschied von 193 m. In Abbildung 5 ist die Höhenstufung des Einzugsgebietes im Digitalen Geländemodell (DGM) dargestellt.

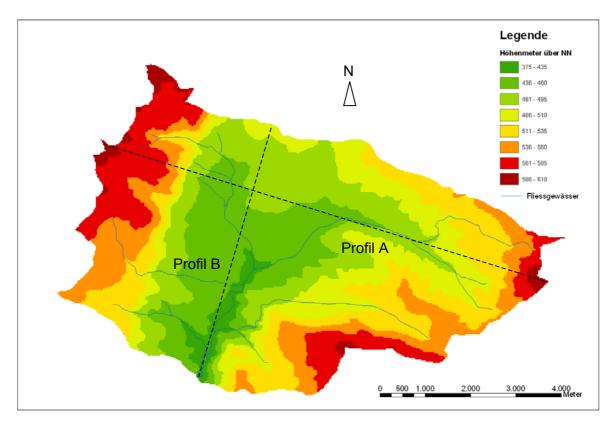


Abb. 5: Höhenstufung (Digitales Geländemodell) und Fließgewässernetz des Einzugsgebietes des Mladotického jezera in West-Tschechien

Anhand des Digitalen Geländemodells und der Topographischen Karten 1:25.000 lassen sich die wesentlichen geomorphologischen Formen des Untersuchungsgebietes erkennen. Das Einzugsgebiet lässt sich in drei Teile gliedern. Der westliche Teil ist mit einer Höhe von über 500 m über NN den Mittelgebirgen zuzuordnen und kann als N-SSE verlaufende kuppige Hochfläche bezeichnet werden. Die Hänge der Hochfläche werden von steilen und engen Kerbtälern durchschnitten. Der Übergang in den zentralen Bereich des Einzugsgebietes erfolgt abrupt um einem Höhenunterschied von ca. 70 m auf ein Niveau von 470 m über NN. Dieser Bereich ist mit einer Höhe von 430 - 470 m über NN dem Bergland zuzuordnen. Er fällt nach Süden in Richtung des Mladotického jezera flach ab. Der nördliche und östliche Bereich des Einzugsgebietes ist durch einen allmählichen Anstieg gekennzeichnet. Die flachen Hänge im östlichen Teil des Einzugsgebietes sind mit flachen und weiten Tälern durchzogen.

Im Bereich um den See steigt die Landschaft in östlicher Richtung steil an. In westlicher Richtung ist dieser Anstieg gemäßigter. Nach Norden verläuft der Anstieg langgezogen und geht in den zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes über.

Im Profilschnitt A (vgl. Abb. 6) ist der Geländeverlauf zwischen dem Berg *Nad Myslivnou* im Westen, der Žihler Furche und dem östlichen Berg *Lhotsky Vrch* dargestellt. Der steile Übergang zwischen der westlichen Hochfläche und der Žihler Furche sowie der moderate Anstieg Richtung Osten wird sehr gut deutlich.

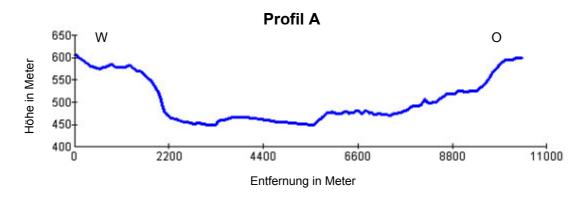


Abb. 6: Profilschnitt durch das Einzugsgebiet des Mladotického jezera vom Berg *Nad Myslivnou* im Westen zum Berg *Lhotsky Vrch* im Osten (12,7-fach überhöht)

Das Profil B (vgl. Abb. 7) zeigt einen Schnitt durch die Žihler Furche von Süd nach Nord. Das Profil verläuft vom niedrigsten Punkt des Einzugsgebietes, dem Mladotického jezera, im Süden von einer Höhe von 413 m über NN in Richtung Norden bis auf eine Höhe von 505 m über NN nahe dem Forst *Pohvizdsky les*.

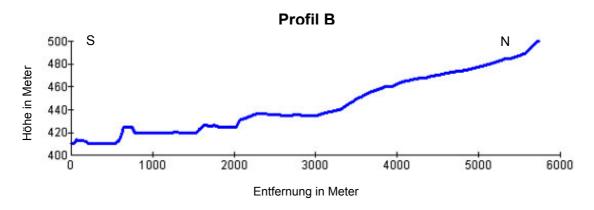


Abb. 7: Profilschnitt durch das Einzugsgebiet des Mladotického jezera vom Mladotického jezera in Richtung Norden (13,9-fach überhöht)

#### 3.2.3 Böden

Die Bodenverhältnisse im Untersuchungsgebiet werden zum größten Teil von sauren, karbonatfreien Braunerden bestimmt die über 50% des Einzugsgebietes bedecken und sich vor allem im nördlichen, nordwestlichen und südöstlichen Teil konzentrieren (Tschechische Bodenkarte Blatt B-2 Plzeň 1993) (vgl. Abb. 8).

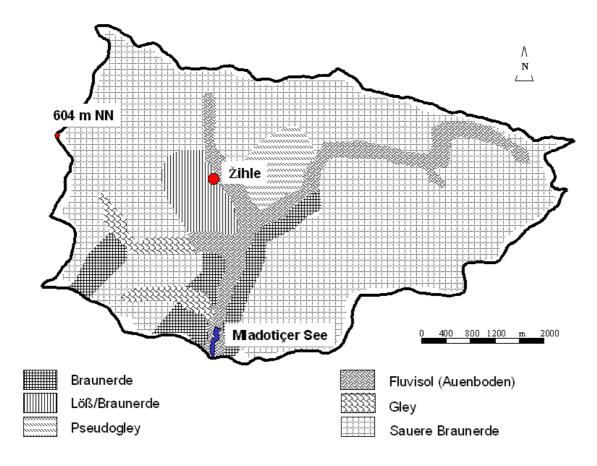


Abb. 8: Böden des Untersuchungsgebietes (erstellt nach der Tschechischen Bodenkarte Blatt B-2 Plzeň 1993)

Nach Mikyška (1968) werden diese Böden als oligotrophe Variante der mitteleuropäischen Braunerden bezeichnet, deren Profil in der Regel "von einem seichten A-Horizont gebildet wird, der in einen stark humosen A<sub>0</sub>-Horizont mit angehäuftem Silikatmoder und einem A<sub>1</sub>-Horizont (5-10 cm) zerfällt". Im Anschluss an den A-Horizont folgt ein mineralischer, ockerbrauner bis grauer B-Horizont, der den größten Teil des Profils einnimmt. Daran schließt sich unscharf der C-Horizont an. Diese Braunerden zeichnen sich nach Mikyška (1968) durch eine erniedrigte Wasseraufnahmefähigkeit und daraus resultierend eine leichtere Austrocknung, eine erniedrigte Sorptionskapazität sowie einen niedrigeren Sättigungsgrad der Bodenkolloide aus. Aufgrund dessen

gelangen in diesen Böden weniger mineralische Nährstoffe in den Kreislauf, so dass eine Verschlechterung der Mikrobentätigkeit und ein verminderter Stickstoffkreislauf zu erwarten sind. In den Bereichen der Fließgewässer sind Auenböden (Fluvisole) entwickelt, die im Bereich des Odlezelský und Přebořovský potok in Gleyböden übergehen. Östlich und westlich der Auenbereiche des Mladotický potok schließt sich eine Zone von nährstoffreichen Braunerden an. In der südwestlichen Umgebung von Žihle entwickelten sich Lößlehme aus nicht bis schwach verfestigten Sedimenten und Schuttmaterialien. Östlich von Žihle, im Bereich des Zusammenflusses zwischen Mladotický und Žihelsky potok sind Pseudogleye ausgebildet (Tschechische Bodenkarte Blatt B-2 Plzeň 1993).

Die tschechische Bodenkarte (1993) weist für das Untersuchungsgebiet hauptsächlich leichte Böden (0-15% Ton, >70% Sand) aus.

#### 3.3 Klimatische Bedingungen und hydrologische Verhältnisse

#### 3.3.1 Klima

NEUHÄUSLOVA et al. (2001) weisen für Tschechien sechs Klimazonen aus. Nach dieser Einteilung liegt das Untersuchungsgebiet in der gemäßigt warmen Zone MT, mit der näheren Definition als Zone MT3-5. Sie wird charakterisiert durch einen kurzen gemäßigten bis gemäßigt kühlen und gemäßigt trockenen Sommer. Frühjahr und Herbst werden als gemäßigt bezeichnet und die Winter als "normal" lang. Die Karte der potenziellen natürlichen Vegetation (1969) weist das Untersuchungsgebiet als warme, trockene Region mit mildem Winter aus.

Das Tschechische Meteorologische Institut (CHMU) (2005) weist für das Gebiet nördlich von Plzeň für den Zeitraum von 1961 bis 1990 einen mittleren Jahresniederschlag von 501 - 600 mm aus (vgl. Abb. 9). Dieser liegt niedriger als der durchschnittliche Jahresniederschlag im Bezirk Plzeň, der für den gleichen Zeitraum mit 656 mm angegeben wird (CHMU 2005).

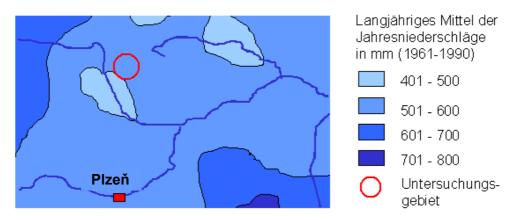


Abb. 9: Langjährige mittlere Jahresniederschläge (verändert nach: Tschechisches Meteorologisches Institut (CHMU) 2005)

Die o. g. Niederschlagswerte korrelieren mit Messungen an der Station Mladotiçe. Für die Jahre 1969 – 2002 wurde dort ein mittlerer Niederschlag in Höhe von 526,34 mm gemessen (vgl. Abb. 10). Dabei schwankt die Niederschlagsmenge in diesem Zeitraum von 334,2 mm im Jahr 1973 bis 742,1 mm im Jahre 1970 (CHMU 2003).

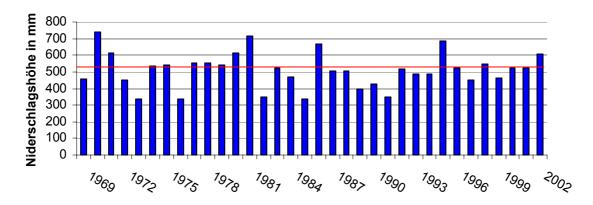


Abb. 10: Jahresniederschlag in mm und durchschnittlicher Niederschlag pro Jahr im Zeitraum 1969 – 2002 (rote Linie)

Die höchsten Niederschläge im Jahr treten in den Sommermonaten von Juni bis August auf. Das höchste gemessene Starkregenereignis wurde am 25. Juli 1978 mit 78,2 mm ermittelt (CHMU 2003).

In Abbildung 11 ist die Verteilung der mittleren Jahrestemperatur im Untersuchungsgebiet und der umliegenden Gebiete dargestellt. Auffällig ist, dass der westliche Teil des Untersuchungsgebietes im langjährigen Mittel eine niedrigere Jahrestemperatur aufweist, die wahrscheinlich auf die erhöhte Lage (Hochfläche) zurückzuführen ist.

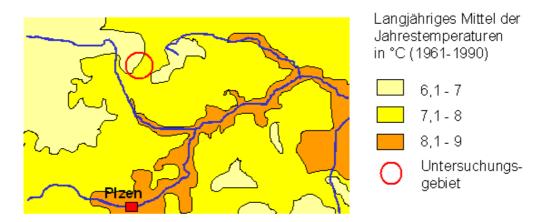


Abb. 11: Langjährige Jahresmitteltemperatur (verändert nach: Tschechisches Meteorologisches Institut (CHMU) 2005)

Für den Bezirk Plzeň ergibt sich eine Jahresdurchschnitttemperatur von 7,1°C. Das niedrigste monatliche Mittel in der Zeitreihe von 1961 – 1990 wurde mit –2,7°C im Januar gemessen. Im gleichen Zeitraum war der Juli mit 16,5°C der wärmste Monat (vgl. Tab. 4). In der Karte der potenziellen natürlichen Vegetation wird eine Jahresmitteltemperatur von 7°C für die Jahre 1901 bis 1950 ausgewiesen.

Mittlere Monatstemperaturen von 1961-1990													
Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Ø
°C	-2,7	-1,3	2,3	6,8	11,7	15	16,5	15,9	12,5	7,5	2,3	-1,1	7,1

Tab. 4: Mittlere Monatstemperaturen von 1961 – 1990 (verändert nach: Tschechisches Meteorologisches Institut (CHMU) 2005)

#### 3.3.2 Hydrologische Verhältnisse

Das Einzugsgebiet des Mladotického jezera besitzt eine Größe von 46 km² und setzt sich im Wesentlichen aus fünf Teileinzugsgebieten zusammen, von denen das Teileinzugsgebiet des perennierenden Mladotický potok das größte darstellt. Das Quellgebiet des Mladotický potok befindet sich im nordöstlichen Bereich am Fuß des Berges *Lhotsky Vrch* auf einer Höhe von ca. 525 m über NN (Topographische Karte Blatt 12-133 Jeseniçe). Nach Flusskilometer 6 fließt dieser, vereint mit drei weiteren Bächen (Žihelský potok, Přebořovský potok und Bilovský potok), im südlichen Teil des Einzugsgebietes in den Mladotického jezera. Der Odlezelský potok aus dem südwestlichen Teileinzugsgebiet fließt direkt in den Mladotického jezera (vgl. Abb. 3). Den

Topographischen Karten (TK 25 Blatt 12-133 Jeseniçe, Blatt 12-311 Mladotiçe) ist zu entnehmen, dass das Fließgewässernetz in den höheren Lagen des Einzugsgebietes, nicht konstant ist. Einige Bachläufe (z. B. Bilovský potok und kleinere Zuflüsse zum Mladotický potok) führen nur in niederschlagsreichen Zeiten Wasser. Es kann daher zu einer Ausweitung des Gewässernetzes kommen.

Neben den Fließgewässern existieren im Einzugsgebiet 11 kleinere Stillgewässer mit einer durchschnittlichen Fläche von ca. 0,4 ha, die bis auf zwei wahrscheinlich künstlich durch Aufstauung angelegt wurden. Die beiden nicht künstlichen kleineren Seen befinden sich auf einer Industriebrache nordwestlich von Žihle, auf dem Gelände einer ehemaligen Ziegelei. Diese Seen sind höchstwahrscheinlich im Zuge des Materialabbaus für die Ziegelherstellung auf diesem Gelände durch Niederschlagswasser entstanden.

# 3.4 Vegetation und Landnutzung

Die Vegetation und die Bewirtschaftungsform der Landnutzung eines Gebietes geben einen wesentlichen Aufschluss über die bodenphysikalischen Parameter, die einen großen Einfluss auf das Abfluss- und Infiltrationsverhalten eines Bodens haben (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002).

#### 3.4.1 Potenzielle natürliche Vegetation

Die potenzielle natürliche Vegetation im Sinne TÜXENS (1957) befasst sich mit der Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung, die ohne anthropogenen Einfluss innerhalb eines Gebietes anzutreffen wäre. Die Geobotanische Karte der Tschechoslowakei (1968) weist als potenzielle natürliche Vegetation für das Untersuchungsgebiet vier verschiedene Vegetationsbereiche aus (vgl. Abb. 12).

Der größte Vegetationsbereich im Einzugsgebiet des Mladotického jezera wird potenziell von bodensauren Eichenwäldern (Eichen-Birkenwälder) gebildet, die einen Unterwuchs oligotropher Arten wie z. B. Wiesenwachtelweizen (*Melampyrum pratense* ssp. *vulgatum*) begünstigen. Diese Wälder können in verschiedenen Varianten vorkommen und nach einem wirtschaftlichen Eingriff z.B. Übergänge zu Hainsimsen-Buchenwäldern oder Eichen-Hainbuchenwäldern umfassen (MIKYŠKA 1968). Im Westen und Südosten werden artenarme, bodensaure Buchenwälder prognostiziert. Diese bestehen zu einem Großteil aus Hainsimsen-Buchenwäldern (u. a. Rotbuche *Fagus sylvatica*) mit einzelnen Eichen (*Quercus petraea*).

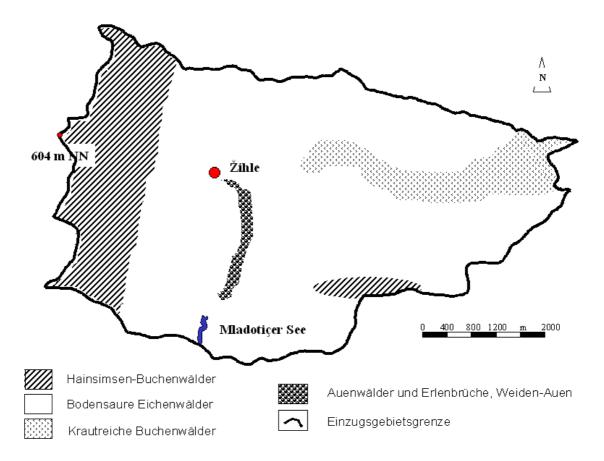


Abb. 12: Potenzielle natürliche Vegetation im Einzugsgebiet des Mladotického jezera (erstellt nach der Geobotanischen Karte der Tschechoslowakei 1969).

Eine Strauchschicht besteht in diesen Wäldern meist nicht, jedoch ist eine Krautschicht mit wenigen Arten wie z. B. Hainsimsen (Luzula albida) ausgebildet (MIKYŠKA 1968). Der Ursprung (Degradationsstadium oder Primärgesellschaft) dieser Wälder ist nach Mikyška (1968) jedoch vor allem bei forstwirtschaftlich stark beeinflussten Wäldern nicht ganz eindeutig. Auf den quartären Anschwemmungen der Auenbereiche des Mladotický und Žihelský potok stocken Auenwälder, Erlenbruchwälder sowie Weiden-Auen (Geobotanische Karte der Tschechoslowakei 1968). Auf einem schmalen Streifen zwischen den Ortschaften Žihle und Podbořánky gibt es mit krautreichen Buchenwäldern einen vierten Vegetationsbereich. Vorherrschend besteht die Baumschicht in diesen Wäldern aus Buchen (Fagus sylvatica) und Eichen (Quercus petraea) die von Ahorn (Acer pseudoplatanus) oder in einigen Gebieten auch von Weißtannen (Abies alba) begleitet werden. Als vorherrschende Art der Krautschicht gilt die Wimper-Segge (Carex pilosa). Bei geschlossenen Buchenbeständen tritt die Krautschicht jedoch aufgrund der Anhäufung unzersetzten Buchenabfalls und Lichtmangels zurück (MIKYŠKA 1968, ROEHRING 1999).

## 3.4.2 Tatsächliche Vegetation

Die rezente Vegetation Böhmens weicht erheblich von der rekonstruierten potenziellen Vegetation ab. Eine natürliche Waldgesellschaft im Untersuchungsgebiet ist nach eigenen Beobachtungen im Jahr 2005 nicht mehr vorhanden. Im Zuge anthropogener Nutzung unterlag Zentralböhmen bereits seit dem Neolithikum einer starken Veränderung (NEUHÄUSLOVÁ et al. 2001). Eine erste Entwaldung erfolgte während und nach der Bronzezeit. Die natürlichen Waldkomplexe wurden in den Niederungen zu einem großen Anteil in Felder, Wiesen, Weiden und Siedlungsflächen umgewandelt. Die Öffnung der Landflächen bewirkte einen Mesoklimawandel und hydrologische Veränderungen, die mit einem Wandel in der Pflanzen- und Baumwelt einhergingen. Durch die weitere Besiedlung auch der höheren Lagen und damit einhergehender Nutzung der natürlichen Ressourcen (Holzeinschlag) veränderte sich die Vegetation grundlegend. Besonders die Nutzung der Wälder als Weiden und das Sammeln von Waldstreu als Bodenbelag für Viehställe sowie die Pflanzung von Kiefern- und Fichtenforsten hat seit dem 19. Jahrhundert zu einem entscheidenden Wandel der natürlichen Vegetation und der Böden geführt. Dieser Wandel ging mit Bodendegradation und einer zunehmenden Versauerung der Böden einher. Weitere Belastungen der Vegetation gab es im Zuge der Industrialisierung und der damit auftretenden Immissionsschäden. Über weite Flächen des Landes wurden somit aus natürlichen, krautreichen Wäldern forstwirtschaftlich genutzte Bestände mit artenarmen, säureliebenden Gemeinschaften (NEUHÄUSLOVÁ et al. 2001).

Auch die rezente Vegetation im Einzugsgebiet ist von anthropogener Nutzung geprägt. Mehr als 40 % der Landfläche werden landwirtschaftlich als Ackerflächen und zu einem geringen Anteil als Wiesenflächen genutzt (vgl. Abb. 13 / Kap. 3.4.3). Die Waldflächen werden forstwirtschaftlich genutzt und bestehen nach eigenen Beobachtungen im Jahr 2005 zu einem Großteil aus Fichten (*Picea abies*) und Kiefern (*Pinus sylvestris*), teilweise mit Birkenbesatz (*Betula pendula*). Auf der westlichen Hochfläche des Einzugsgebietes gibt es zudem kleine Teilbereiche von Laubmischwald (Eichen und Buchen). Innerhalb der Forstgebiete gibt es vereinzelte Wiederaufforstungsflächen, sogenannte Niederbewaldungsflächen<sup>1</sup>, die z.T. von Setzlingen oder von einer dichten Strauchvegetation bewachsen sind. Die Auenbereiche des Einzugsgebietes werden von Wiesen dominiert. Die Gewässer werden zum Teil von Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) und Schwarzpappeln (*Populus nigra*) sowie vereinzelten Birken flankiert.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Als Niederbewaldung wird der Stockeinschlag innerhalb eines Forstes bezeichnet, der zu einer Verjüngung des Forstes führen soll (MIKYŠKA 1968).

## 3.4.3 Landnutzung

Die Region Plzeň ist zu 51 % landwirtschaftlich geprägt. Das heißt, dass diese Region zu mehr als der Hälfte aus Ackerland, Grasland, Gärten und Obstplantagen besteht. 39 % der Fläche bedecken Wald (Forst) und die restlichen 10 % gliedern sich u.a. in Siedlungen, Straßen und Gewässer (Czech Office for Surveying; Mapping and Cadastre 2004) (vgl. Tab. 5).

Region Plzeň (Gesamtfläche 756.106 ha)								
	ha	in %		ha	in %			
Landwirtschaftliche Nutzfläche	383.388	51	nicht landwirtschaftlich genutzte Fläche	372.718	49			
Grasland	106.008	14	Wald, Forst	298.370	39			
Ackerland	264.102	35	Gewässer	11.506	2			
Gärten, Obstplantagen	13.243	2	Siedlungen, Straßen	9.734	1			
			andere Flächen	53.109	7			

Tab. 5: Landnutzung der Region Plzeň (verändert nach: Czech Office for Surveying; Mapping and Cadastre 2004)

Bei der Betrachtung des Einzugsgebietes des Mladotického jezera kann die Forstfläche mit 50,3 % als dominant angesehen werden. Die Forstgebiete bestehen zu ca. 95 % aus Nadelforst und ca. 5 % Laubmischwald. Innerhalb dieser Forstflächen gibt es Wiederaufforstungsflächen, die ca. 10 % der Fläche einnehmen. Neben den forstwirtschaftlich genutzten Flächen wird das Untersuchungsgebiet von der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit Acker- und Wiesenflächen mit einem Anteil von ca. 43,3 % geprägt. Vor allem die flacheren Bereiche des Einzugsgebietes unterliegen der landwirtschaftlichen Nutzung und 4,7 % der Fläche einer urbanen Nutzung. Hierzu zählen die vier Ortschaften sowie die Industrieflächen im Untersuchungsgebiet. Die verbleibende Fläche in Höhe von 1,7 % teilt sich in Verkehrsflächen sowie Still- und Fließgewässer auf (vgl. Abb. 13).

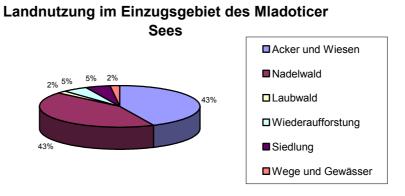


Abb. 13: Flächennutzungsverteilung im Einzugsgebiet des Mladotického jezera

In der Landwirtschaft werden vor allem Getreide, Mais und Futtermittel angebaut. Die Viehwirtschaft beinhaltet sowohl Rinder- und Schweinezucht bzw. –mast als auch Hühnerhaltung. Im Jahr 2004 wurden in der Region Plzeň auf einer Fläche von 216.650 Hektar Feldfrüchte, davon auf ca. einem Drittel dieser Flächen Weizen und auf knapp über 10 % Raps, angebaut (Czech Office for Surveying; Mapping and Cadastre 2004).

# 3.5 Entstehung des Mladotického jezera

Die Entstehung des Mladotického jezera beruht auf verschiedenen zusammentreffenden Ereignissen, die zu einer Hangrutschung und einem damit einhergehendem Talverschluss führten, aufgrund derer sich der Mladotického jezera oberhalb des Talverschlusses bilden konnte. Nach JANSKÝ (1994) liegt eine Ursache für die Seeentstehung in dem relativ schnellen Einschneiden des Mladotický potok in die Schichten von karbonischen Sandsteinen und Konglomeraten (vgl. Kapitel 3.2.1), bis auf die weichen Tonsteinsedimente. Durch das Eindringen von Wasser in diese Sedimentschichten kam es vom Hangfuß her zu einer sukzessiven Rutschung der Gesteinsblöcke. Ein weiterer Faktor für die verstärkte Instabilität des Hanges oberhalb des Mladotický potok war der seit dem 13. Jahrhundert stattfindende Sandsteinabbau. Dieser führte zu einer Störung der hängenden Schicht und zu einem Eindringen von Niederschlagswasser bis auf die Tonsteinschicht (JANSKÝ 1994). Beim Bau der Bahnlinie Plzeň – Žatec (Pilsen – Saaz) 1872, wurde der Hangfuß auf einer Länge von ca. 200 m angeschnitten, so dass dieser noch stärker destabilisiert wurde. Die im Mai 1872 folgenden Starkniederschläge (237 mm Niederschlag in 3 Tagen) (STEKL et al. 2001) verursachten starke Überschwemmungen, u.a. auch an Střely und Berounka, und führten zu einem weiteren Aufweichen der

Tonsteinschicht im Untergrund. Diese aufgeweichten Tonsteinschichten bildeten eine ideale Gleitfläche für eine Rutschung der aufliegenden 15 bis 35 Meter mächtigen Sandsteinschichten, die innerhalb der nächsten zwei Tage ins Tal des Mladotický potok geschoben wurden und dieses auf einer Länge von rund 300 m abriegelten. Abbildung 14 zeigt die Rutschung im Jahr 1872 (JANSKÝ 1994).



Abb. 14: Abgesperrtes Tal des Mladotický potok direkt nach der Rutschung von 1872. (Foto: C. Purkyne (1872) aus Janský, 1994)

# 4 Untersuchungsmethoden

Um die Auswertung der Luftbilder hinsichtlich der Fragestellung zu ermöglichen, war einerseits die Verarbeitung der Bilder in GIS notwendig, andererseits mussten die Bilder stereoskopisch ausgewertet werden, um bestimmte Strukturen wie z. B. Terrassen oder Erosionsrinnen erkennen zu können. Um einen aktuellen Bezug zur Landnutzung im Untersuchungsgebiet zu erlangen, wurde zudem eine Überblickskartierung vor Ort durchgeführt. Die gewonnenen Daten wurden im Anschluss statistisch und graphisch ausgewertet. Die nachfolgenden Kapitel erläutern das methodische Vorgehen.

# 4.1 Kartierung im Untersuchungsgebiet

Da die jüngsten vorliegenden Luftbilder im Jahr 1998 entstanden sind, wurde im Jahr 2005 eine Überblickskartierung im Untersuchungsgebiet durchgeführt, um aktuelle Veränderungen zu sichten. Die Kartierung war hauptsächlich darauf ausgelegt, unklare Sachverhalte, die anhand der Luftbilder nicht zu klären waren, zu deuten. Kartiert wurden sowohl im Untersuchungsgebiet liegende Industriebetriebe und Industriebrachen, als auch die Anbaufrüchte der einzelnen Feldflächen. Ferner wurde ein Überblick über die Forststruktur aufgenommen.

# 4.2 Stereoskopische Luftbildauswertung

Für die stereoskopische Luftbildauswertung wurden Senkrechtluftbilder (Dia-Positive) aus den Jahren 1938, 1952, 1975, 1987 und 1998 genutzt, die das Topographische Militärische Institut in Dobruska zur Verfügung gestellt hat. Es lagen während der Bearbeitung keine Originalbefliegungsprotokolle vor, jedoch wurde eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten von der Universität in Prag zur Verfügung gestellt.

Die Befliegungen für die Luftbildserien verliefen in der Flugrichtung von West nach Ost sowie von Ost nach West. Die Stereoüberlappung beträgt bei den bearbeiteten Bildern ca. 60 %. Die Querüberlappung der Bilder liegt im Schnitt bei ca. 15 – 30 %.

Die Luftbilder wurden mit einem Zeiss-Standard-Spiegelstereoskop N2 - mit abklappbarem Lupenaufsatz mit Schrägeinblick und 6-facher Vergrößerung - stereoskopisch ausgewertet.

# 4.3 Anwendung von GIS zur Luftbildinterpretation

Da die Zusammenführung, Analyse und Darstellung der vielfältigen Daten nur unter Verwendung verschiedener Softwarelösungen möglich war und einen hohen Arbeitsaufwand erforderte, soll in diesem Kapitel die technische Vorgehensweise und somit die Verwendung der verschiedenen Programme bei einzelnen Arbeitsschritten erläutert werden. Die durch die Bearbeitung im GIS auftretenden Schwierigkeiten, werden ebenfalls eingehend thematisiert.

## 4.3.1 Erfassung der Datengrundlagen

Die vom Militärischen Institut in Dobruska für das Einzugsgebiet des Mladotiçer Sees bereitgestellten 78 schwarz-weißen Luftbilder für die Jahre 1938, 1952, 1975, 1987 und 1998 lagen als Dia-Positive im Maßstab von 1:25.000 bis 1:27.580 vor. Für das Jahr 1938 lagen keine Messdaten vor. Die Luftbilder wurden mit dem Programm Magic Scan\_32 V4.3 mit einer Auflösung von 400 dpi, in Echtfarben RGB eingescannt. Die gescannten Luftbilder wurden in PhotoShop 6.0 zur Kontrastverbesserung nachbearbeitet. Eine Orthorektifizierung (reliefbedingte Entzerrung) der Luftbilder war aufgrund von Projektions-Schwierigkeiten in dem Programm ERDAS-Imagine nicht durchführbar. Auch andere an der Freien Universität Berlin verfügbaren Programme waren in den vorliegenden Versionen nicht in der Lage, die Luftbilder in der *KROVAK*-Projektion dreidimensional zu verorten, so dass die Luftbilder in ESRI ArcGIS 9.0 zweidimensional georeferenziert wurden. Hierzu wurden jedem Luftbild durchschnittlich 150 Passpunkte in Übereinstimmung mit der georeferenzierten Topographischen Karte zugewiesen, um eine möglichst genaue Verortung zu ermöglichen.

Die benötigten Topographischen Karten im Maßstab 1:25.000 (Blatt 12-311 Mladotiçe und 12-133 Jeseniçe 2001) lagen bereits gescannt vor und wurden mit dem Programm ESRI ArcGIS 9.0 metrisch georeferenziert. Anschließend wurde den georeferenzierten Karten das Koordinatensystem *KROVAK* mit dem Datum S-JTSK zugewiesen, da die tschechischen Topographischen Karten in dieser Kartenprojektion erstellt wurden.

Die Höhenlinien für das Untersuchungsgebiet wurden manuell auf der Grundlage der georeferenzierten topographischen Karten in ESRI ArcGIS 9.0 als ESRI-shapefile für die Erstellung eines Digitalen Gelände Modells (DGM) digitalisiert. Das shapefile wurde im Programm ESRI ArcToolbox von der Projektion *KROVAK* S-JTSK in die Projektion *UTM* WGS 84\_1 umgewandelt, da die Erstellung eines Rasterdatensatzes mit der Projektion in

KROVAK nicht möglich war. Aus der nun vorliegenden Datei in UTM-Projektion wurde in ESRI ArcGIS 9.0 innerhalb eines Projektes eine TIN-Datei (*Triangulated Irregular Network*) generiert (Grundlage Delauney-Triangulation), aus der in ESRI ArcGIS 8.3 ein GRID-Rasterdatensatz (DGM) erstellt wurde. Dieser wurde in ESRI ArcGIS 9.0 "on the fly" in die Projektion KROVAK S-JTSK umprojiziert. Das heißt, dass das DGM die Projektion nicht gespeichert hat, sondern nur innerhalb des Projektrahmens diese Projektion übernehmen kann. Ein direkter Weg war aufgrund GIS-basierter Probleme mit der Krovak-Projektion nicht möglich.

Das Einzugsgebiet sowie das benötigte Teileinzugsgebiet des Mladotiçer Sees wurden als shape-Datei in ESRI ArcGIS 9.0 auf der Grundlage der topographischen Karten manuell erstellt.

Einen Überblick über die methodische Vorgehensweise gibt Abbildung 15.

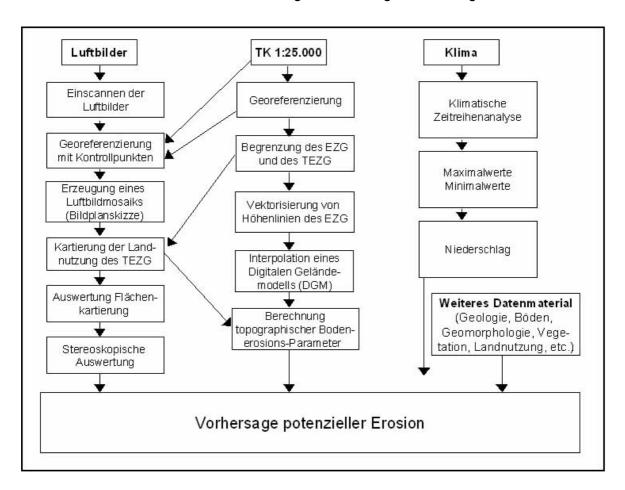


Abb. 15: Methodische Vorgehensweise

## 4.3.2 Digitalisierung der Landnutzung

Repräsentativ für das Einzugsgebiet des Mladotiçer Sees wurde ein Teileinzugsgebiet ausgewählt, für das die Landnutzung digitalisiert werden sollte. Die Entscheidung für das gewählte Teileinzugsgebiet erfolgte hinsichtlich seiner naturräumlichen Ausstattung und der dort betrieben Landnutzung, die vergleichbar mit dem des gesamten Einzugsgebietes ist.

Anschließend wurden in Anlehnung an die "Interpretationsanleitung zum dritten Landesforstinventar" (Ginzler et al. 2005) die Nutzungsklassen/Bodenbedeckungsklassen für die Digitalisierung bestimmt.

Aufgrund der unterschiedlichen Qualität der einzelnen Luftbilder wurden diese Nutzungsklassen sehr vereinfacht und für das Untersuchungsgebiet in sechs Klassen unterteilt:

- 1. Waldvegetation
- 2. Strauchvegetation
- 3. Kraut- und Grasvegetation
- 4. Siedlungsflächen
- 5. Befestigte Flächen
- 6. Gewässer
- Die Waldvegetation umfasst sämtliche geschlossenen Stockverbände, Einzelbäume werden nicht extra erfasst. Laub- und Nadelwald wird zusammengefasst (vgl. Abb. 16).

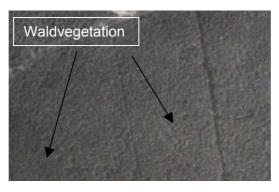


Abb. 16: Waldvegetation (Ausschnitt aus dem Luftbildmosaik 1938, Militärisches Topograph. Institut Dobruska)

2. Als Strauchvegetation werden sämtliche Flächen innerhalb der Waldvegetation bezeichnet, die sich durch Freiflächen ohne weitere erkennbare Nutzung oder durch Wiederaufforstung auszeichnen (vgl. Abb. 17).

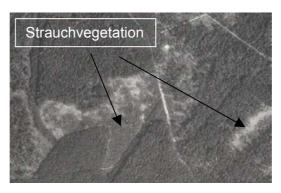


Abb. 17: Strauchvegetation (Ausschnitt aus dem Luftbildmosaik 1938, Militärisches Topograph. Institut Dobruska)

3. In der Landnutzungsklasse der Kraut- und Grasvegetation werden Ackerland, Wiesen, und Weiden sowie Kraut- und Grasvegetation ohne landwirtschaftliche Nutzung zusammengefasst. Auch bodenebene Abdeckungen mit Plastik (z. B. Silageflächen) werden hinzugezählt. Nichtbegrünte Ackerflächen werden dieser Kategorie ebenfalls zugeordnet, um den Einfluss des Befliegungszeitpunktes auszuschalten (vgl. Abb. 18).

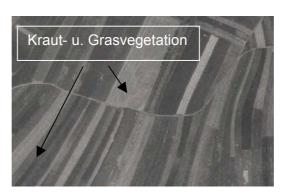


Abb. 18: Kraut- und Grasvegetation (Ausschnitt aus dem Luftbildmosaik 1938, Militärisches Topograph. Institut Dobruska)

4. Die Siedlungsflächen bezeichnen jegliche bebauten Flächen. Hierzu gehören Häuser, Scheunen, Silos und Tanks sowie Industrieanlagen (vgl. Abb. 19).



Abb. 19: Siedlungsflächen (Ausschnitt aus dem Luftbildmosaik 1938, Militärisches Topograph. Institut Dobruska)

5. Die befestigten Flächen werden als künstliche Objekte ohne Höhe definiert. Zu diesen Objekten zählen künstlich angelegte, ganz oder teilweise versiegelte Flächen, asphaltierte, betonierte oder mit Platten belegte Böden. Darunter fallen für diese Arbeit vor allem Straßen, Plätze und Gleisanlagen, die eine Mindestbreite von sechs Metern aufweisen (vgl. Abb. 20).

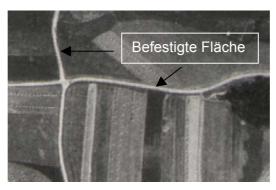


Abb. 20: Befestigte Fläche (Ausschnitt aus dem Luftbildmosaik 1938, Militärisches Topograph. Institut Dobruska)

6. Die Kategorie der Gewässer bezeichnet offene Wasserflächen von stehenden oder fließenden Gewässern. In dieser Kategorie sind jedoch nur stehende und fließende Gewässer erfasst, die sich auch flächenhaft darstellen lassen (vgl. Abb. 21). Die schmalen Fließgewässer des Teileinzugsgebietes können nur linienhaft dargestellt werden und gehen somit nicht in die Flächenberechnungen ein.

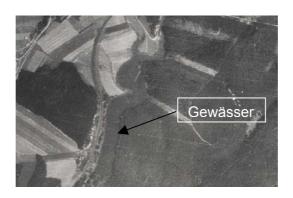


Abb. 21: Gewässer (Ausschnitt aus dem Luftbildmosaik 1938, Militärisches Topograph. Institut Dobruska)

Für die Digitalisierung wurden die einzelnen verorteten Luftbilder für die jeweiligen Jahre in ESRI ArcGIS 8.2 geladen und zu einem Mosaik zusammengefügt (Bildplanskizze). Anschließend wurde eine Datei erstellt mit der sich Polygone erstellen lassen. In dieser Datei wurden die einzelnen Flächen der Anbauschläge, Forstgebiete, Wiederaufforstungsbereiche, Siedlungen, befestigten Flächen und Gewässer (Seen) innerhalb der Teileinzugsgebietsgrenzen für die Jahre 1938, 1952, 1975, 1987 und 1998 digitalisiert und als Karte aufbereitet. Ein weitere linienhafte Datei wurde erstellt, in der die Fließgewässer digitalisiert und in die Karte eingebunden wurden.

Für einen kleinen Teilbereich des Einzugsgebietes wurde zudem überblickshaft - zur Veranschaulichung des Wandels in der Landnutzung – ein Ausschnitt aus der Žihler Furche (nördlich Žihle) für die Jahre 1938, 1952, 1975, 1987 und 1998 in Photoshop 6.0 digitalisiert.

#### 4.3.3 Berechnung der Bodenerosionsparameter im GIS

Die Berechnung von Hanglängen als Bodenerosionsparameter aus dem Digitalen Geländemodell (DGM) und der digitalisierten Landnutzung erwies sich aufgrund der großen Datenmenge und der Kleinteiligkeit der digitalisierten Schlagflächen als nicht durchführbar. Da die Schlagflächen teilweise nur eine maximale Breite von 7 – 9 Metern aufweisen, stellt das DGM aufgrund der Rastergröße von 5 Metern für die Bestimmung von Hanglängen eine unbefriedigende Datengrundlage bereit. Die Hanglängenberechnung hätte nur auf dem Weg der manuellen Bestimmung erfolgen können, was äußerst zeitintensiv ist und im zeitlichen Rahmen der Diplomarbeit nicht zu bewältigen war. Jedoch wurde für einzelne ausgewählte Schläge die Hanglänge mit Hilfe der Höhenlinien und der georeferenzierten Luftbilder gemessen, um exemplarisch Erosionspotenziale aufzuzeigen.

Für die Berechnung der potenziellen Bodenerosion wurden somit nicht die Hanglängen sondern der Hangneigungsparameter mit Hilfe von GIS generiert.

Aus den topographischen Karten 1:25.000 (Blatt Jeseniçe 12-133, Mladotiçe 12-311) wurden die Höhenlinien digitalisiert, die im Anschluss in ein Triangulated Irregular Network (TIN) umgewandelt wurden, aus dem das Digitale Geländemodell (DGM) erstellt wurde. Mit Hilfe des DGM erfolgte die Hangneigungsberechnung (vgl. Abb. 22).

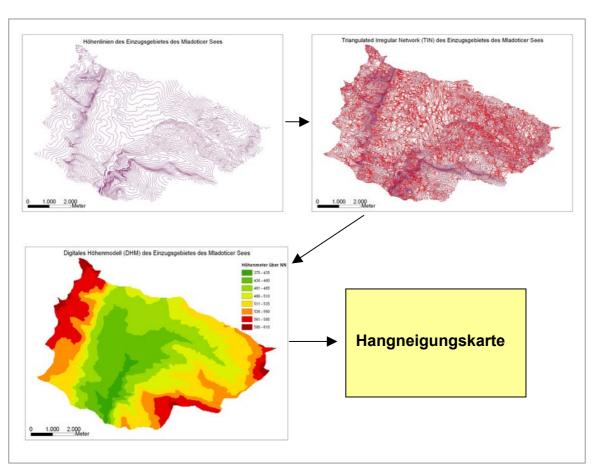


Abb. 22: Auswertung von Höheninformationen für die Generierung der Hangneigungskarte des Einzugsgebietes

Im Anschluss wurde die im GIS berechnete Hangneigung in einer Karte visualisiert. Mit Hilfe der berechneten Hangneigung und weiterer Parameter wie z. B. der Landnutzung und der Böden wurde in Anlehnung an die Literatur versucht, eine Prognose der potenziellen Bodenerosion im Einzugsgebiet des Mladotického jezera zu erstellen.

## 4.3.4 Datenauswertung

Die Datenanalyse wurde in verschiedenen Versionen des Geo-Informationssystems ArcGIS und ihren Erweiterungen durchgeführt, wodurch die spezifische raster- oder vektorbasierte Funktionalität der verschiedenen Systementwicklungen bestmöglich ausgenutzt werden konnte. Die ermittelten Daten wurden mit EXCEL weiter bearbeitet, ausgewertet und graphisch aufbereitet. Alle sonstigen zur Verfügung stehenden statistischen Daten (Niederschläge etc.) wurden ebenfalls mit EXCEL bearbeitet und ausgewertet. Die Datenhaltung erfolgte weitgehend in den Datenformaten der jeweiligen Software soweit eine Integration der verschiedenen Formate möglich war.

# 5 Ergebnisse

## 5.1 Vorstellung der Luftbildmosaike des Untersuchungsgebietes

Im Rahmen dieser Arbeit wurden fünf Luftbildreihen aus dem Einzugsgebiet des Mladotického jezera (Mladotiçer See) untersucht. Die Luftbildreihen stammen aus den Jahren 1938, 1952, 1975, 1987 und 1998. Im Anhang sind die Luftbildmosaike im DIN A3-Format beigefügt.

#### Kurzvorstellung Luftbildmosaik 1938:

Das Luftbildmosaik (vgl. Abb. 23) besteht aus 20 Luftbildern die in einem GIS digitalisiert wurden. Die Bilder wurden aus einer Höhe von 4.000 Metern aufgenommen und liegen als 18 x 18 cm große Dia-Positive mit einem Maßstab von 1:20.200 vor.

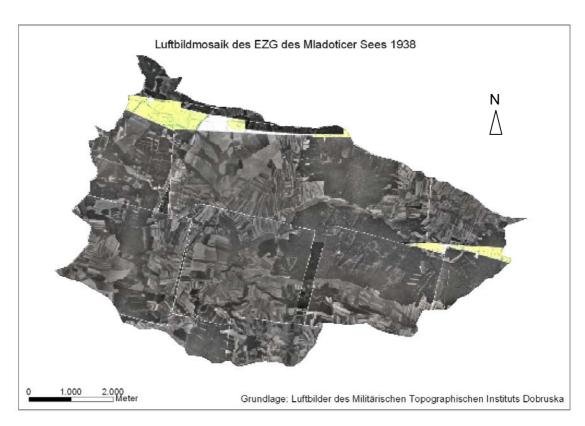


Abb. 23: Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1938

Da kein Befliegungsprotokoll aus diesem Jahr vorliegt, können keine weiteren Angaben zum Zeitpunkt der Befliegung sowie zum Fokus und zum Aufnahmedatum gemacht werden. Aufgrund ungenauer Befliegungen im Jahr 1938 war es nicht möglich, dieses Luftbildmosaik vollständig wiederzugeben.

#### Kurzvorstellung Luftbildmosaik 1952:

Das Luftbildmosaik (vgl. Abb. 24) besteht aus 12 Luftbildern die in einem GIS digitalisiert wurden. Die Bilder wurden am 16.09.1952 aus einer Höhe von 5.250 Metern in einem Maßstab von 1:25.000 und einem Fokus von 210,00 aufgenommen. Die Bilder liegen als 18 x 18 cm große Dia-Positive vor. Es sind jedoch zum Teil nicht die Originalaufnahmen, sondern abfotografierte Bilder.

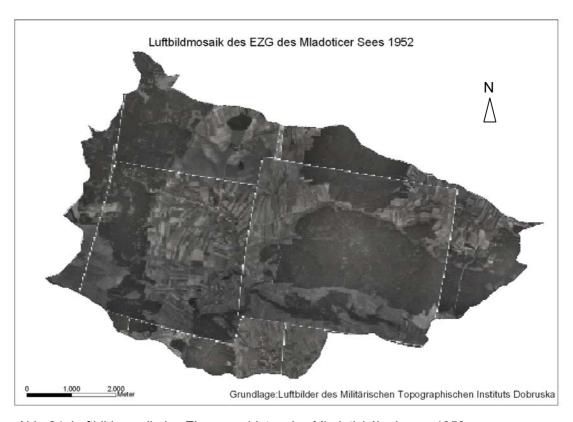


Abb. 24: Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1952

#### Kurzvorstellung Luftbildmosaik 1975:

Das Luftbildmosaik (vgl. Abb. 25) besteht aus 10 Luftbildern. Die Bilder wurden am 07.07.1975 aus einer Höhe von ca. 2.968 Metern in einem Maßstab von 1:25.880 mit einem Fokus von 114,70 aufgenommen. Die Bilder liegen als 18 x 18 Positive vor. Auch dieses Luftbildmosaik ist nicht vollständig, da aufgrund eines fehlenden Bildes ca. 3,6 ha im Nordosten des Einzugsgebietes nicht abgebildet werden konnten.

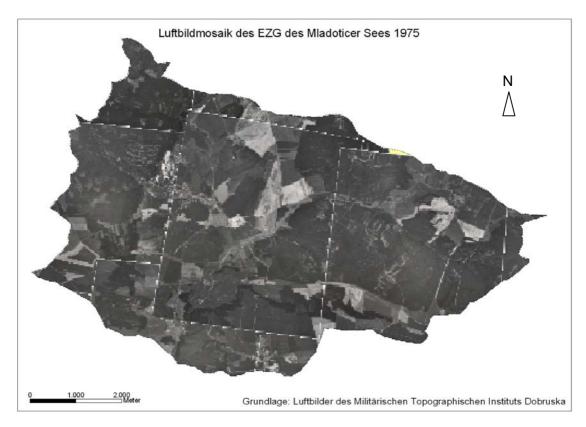


Abb. 25: Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1975

#### Kurzvorstellung Luftbildmosaik 1987:

Das Luftbildmosaik (vgl. Abb. 26) besteht aus 6 Luftbildern die in einem GIS digitalisiert wurden. Die Bilder wurden am 29.04.1987 aus einer Höhe von 3.980 Metern in einem Maßstab von 1:26.000 und mit einem Fokus von 153,08 aufgenommen. Die Bilder liegen als 23 x 23 Positive vor.

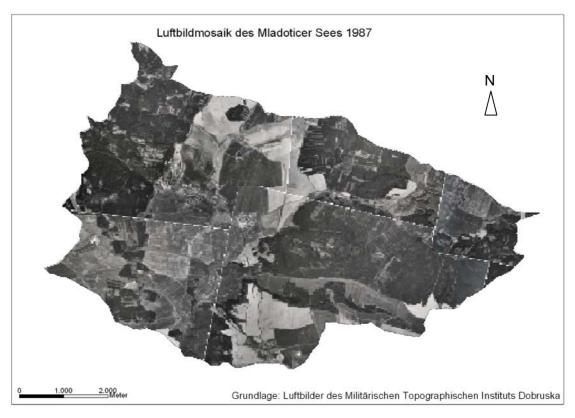


Abb. 26: Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1987

#### Kurzvorstellung Luftbildmosaik 1998:

Das Luftbildmosaik (vgl. Abb. 27) besteht aus 6 Luftbildern die in einem GIS digitalisiert wurden. Die Bilder wurden am 14.05.1998 aus einer Höhe von 4.031 Metern in einem Maßstab von 1:26.470 und mit einem Fokus von 152,29 aufgenommen. Die Bilder liegen als 23 x 23 Positive vor.

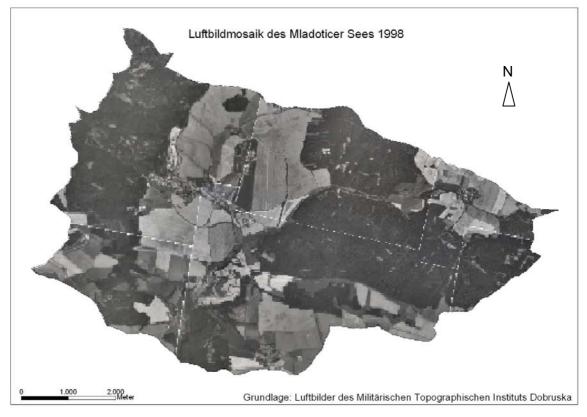


Abb. 27: Luftbildmosaik des Einzugsgebietes des Mladotického jezera 1998

# 5.2 Ergebnisse der Überblickskartierung

Die Überblickskartierung des Einzugsgebietes wurde während eines Geländeaufenthalts im Sommer 2005 durchgeführt. Die Kartierung gliedert sich in drei Teilbereiche:

- Kartierung der Nutzungsart auf den landwirtschaftlichen Flächen
- Überblickskartierung der Forstflächen
- Kartierung und Untersuchung von Teilflächen und Formen, die aus den Luftbildern nicht eindeutig zu erkennen waren

Für die Kartierung der Anbaufrüchte der einzelnen Flächen des Einzugsgebietes wurden 32 Flächen aufgenommen (vgl. Tab. 6). Aufgrund des hohen Bewuchses war jedoch keine Flächenabgrenzung im Rahmen der Gemarkungen möglich. Die Abgrenzungen wurden nach Anbauart und Wegenetz vorgenommen.

Anbaufrucht/Nutzungsart	Flächenanzahl
Raps	12
Gerste	8
Weizen	8
Mais	1
Grasland/Wiesen	3

Tab. 6: Kartierte Flächen im Untersuchungsgebiet

Die landwirtschaftlichen Nutzungsflächen des Untersuchungsgebietes liegen zu einem großen Teil im Bereich der Žihler Furche nördlich und südlich des Ortes Žihle. Weitere Landwirtschaftsflächen befinden sich im östlichen Teil des Einzugsgebietes des Mladotického jezera nahe dem Ort Podbořanky und im südöstlichen Teil, nördlich der Ortschaft Potvorov. Die kartierten Felder erstrecken sich über große Gebiete, wie aus der Abbildung 28 und 29 deutlich hervorgeht. In Tabelle 6 werden die Anbaufrüchte mit der jeweiligen Anzahl der kartierten Feldflächen aufgelistet. Auffallend ist die Dominanz des Rapsanbaus im Untersuchungsgebiet (vgl. Abb. 28).



Abb. 28: Blick von der Abbruchkante östlich des Mladotického jezera nach Westen über das EZG (Foto: Robert Wenzel)



Abb. 29: Blick südlich von Žihle nach Südwesten (Foto: Monika Sennekamp)

Der Anbau von Gerste und Weizen prägt ebenfalls das Landschaftsbild (vgl. Abb. 29). Maisanbau beschränkt sich im Untersuchungsgebiet nur auf eine Fläche, die sich auf einem ca. 40 ha großen Schlag nördlich Žihle befindet. Die Wiesenflächen des Einzugsgebietes nehmen im Gegensatz zur ackerbaulichen Nutzfläche nur geringe Flächen ein und wurden nur für Auengebiete kartiert. Sie befinden sich u.a. südlich von Žihle unterhalb des Žihelský potok und im südöstlichen Teil des Einzugsgebietes südlich des Bilovský potok.

Die Auswertung der Überblickskartierung der Forstflächen ergibt, dass ca. 60 % des Einzugsgebietes mit Forst bestockt ist. Der westliche Teil des Einzugsgebietes wird von forstwirtschaftlicher Nutzung geprägt, die hauptsächlich aus Fichtenpflanzungen besteht. Innerhalb der Forstgebiete gibt es entlang der Bachläufe auch ein Vorkommen von Laubmischwald, bestehend aus Buchen und Eichen. Diese Zusammensetzung des Waldbestandes spiegelt sich auch im restlichen Forstbestand wider, der sich zwischen Bilovský potok und Mladotický potok sowie nördlich des Mladotický potok befindet. Des Weiteren wurde während der Kartierung festgestellt, dass es innerhalb der Forstflächen Wiederaufforstungsflächen gibt, die hauptsächlich von Sträuchern und Setzlingen bewachsen sind.

Die Untersuchung einzelner Flächen im Untersuchungsgebiet, deren Nutzung und Formgebung aus den Luftbildern nicht eindeutig erkennbar war, erfolgte ebenfalls während der Kartierung. Zu diesen Flächen gehört zum einen ein Gebiet westlich des Bahnhofs in Žihle. Zum anderen wurde versucht Formen die in der Karte als Gräben oder Abrisskanten vermerkt waren zu untersuchen, wenn sie im Luftbild nicht gut erkennbar waren. Aufgrund fehlender Wege und des hohen Getreidebewuchses zum Zeitpunkt der Kartierung war jedoch nur in einzelnen Fällen eine nähere Untersuchung möglich.

Die erste untersuchte Fläche ist das Gelände einer ehemaligen Ziegelei (vgl. Abb. 30 & 31). Vermutlich wurde die Fläche zum Abbau von Material für die Ziegelherstellung



Abb. 30: Blick über die Brachfläche des ehemaligen Ziegeleistandortes in Richtung Osten. (Foto: Monika Sennekamp)



Abb. 31: Blick über die Brachfläche des ehemaligen Ziegeleistandortes in Richtung Norden. (Foto: Monika Sennekamp)

genutzt. Zum Untersuchungszeitpunkt lag diese Fläche Brach und wies sehr starke Vernässungen auf. Zum Teil war diese Fläche mit kleineren Seen bedeckt (siehe Abb. 31, hinterer Teil). Die Freifläche wies Merkmale der primären Sukzession auf. Unter anderem wuchsen dort Beifuß, Disteln, Klee und Wicken. Den westlichen Rand der Brachfläche bildet eine steile Kante mit einer Höhe von ca. 3 Metern, die durch Wände aus Ziegeln gestützt wird (vgl. Abb. 32).



Abb. 32: Westlicher Randbereich der Brachfläche des ehem. Ziegeleistandortes. (Foto: Monika Sennekamp)

Beispielhaft für weitere Standorte im Einzugsgebiet wurde ein Ort untersucht der nach der TK 25, Blatt 12-311 Mladotiçe, eine Erosionsform vermuten ließ. Der nördlich der Bahnstation Potvorov gelegene Standort wird westlich von der Straße zwischen Odlezly und Žihle sowie nördlich und südlich von Ackerflächen begrenzt (vgl. Abb. 33).

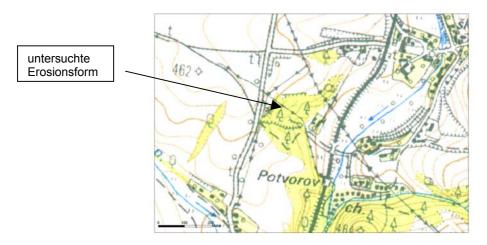


Abb. 33: Ausschnitt aus der TK 25, Blatt 12-311 Mladotiçe

Bei dieser Form handelt es sich höchstwahrscheinlich um ein altes Grabensystem, dass sich in Richtung des Mladotický potok über eine Strecke von ca. 140 m erstreckt (vgl. Abb. 34). Das Gelände fällt vom Rand der Erosionsform mit ca. 8° Neigung in Richtung Osten ein und weist am Grund Vernässungen auf, die auf die tonig bis schluffige Textur des Materials am Grund dieser Form zurückzuführen sind. Dieses Material wurde mit großer Wahrscheinlichkeit von den nördlich der Erosionsform gelegenen Ackerflächen in diesen Graben gespült. Auch diese Ackerflächen weisen Hangneigungen von ca. 6° auf.



Abb. 34: Erosionsform im Untersuchungsgebiet nördlich Odlezly. (Foto: Monika Sennekamp)

#### 5.3 Ergebnisse der stereoskopischen Bearbeitung der Luftbilder

Die stereoskopische Auswertung der Luftbilder erfolgte bezüglich der Frage, ob im Untersuchungsgebiet Anbauterrassen und große Erosionsformen vorhanden sind. Die einzelnen Luftbildjahrgänge wurden stereoskopisch betrachtet und auffallende Elemente in den folgenden Abbildungen 35 bis 46 dargestellt.

#### Anbauterrassen:

Die Auswertung der Luftbilder ergibt, dass die Verteilung der Anbauterrassen im Gelände hauptsächlich auf einen Bereich zwischen dem Mladotický potok und dem Bilovský potok begrenzt ist. Eine weitere Terrassierung findet sich südlich des Bilovský potok kurz vor der Mündung in den Mladotický potok. In den Abbildungen 35 - 38 ist sehr gut zu erkennen, dass die 1938 vorhandenen Terrassen im Jahre 1998 nicht mehr existent sind. Bei der Betrachtung der Luftbildjahrgänge wird deutlich, dass die Terrassen im Zuge der Kollektivierung in der Landwirtschaft zwischen den Jahren 1952 und 1975 entfernt

wurden. Die entlang der Höhenstufung bestehenden Terrassen der Landnutzung wurden somit in eine ungegliederte bzw. zum Teil mit Forst bestockte Fläche umgewandelt.

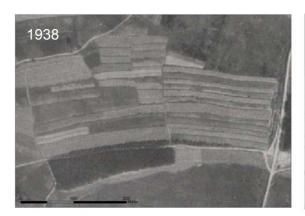




Abb. 35 und 36: Terrassenanbau 1938 und 60 Jahre später - Fläche zwischen Mladotický und Bilovský potok (Luftbilder: Militärisches Topographisches Institut Dobruska)



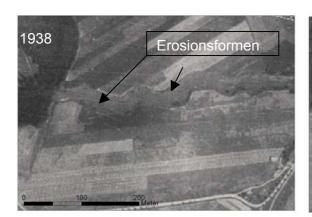


Abb. 37 und 38: Terrassenanbau 1938 und das selbe Gebiet im Jahr 1998 - Fläche südlich des Bilovský potok, kurz vor der Mündung in den Mladotický potok (Luftbilder: Militärisches Topographisches Institut Dobruska)

#### Erosionsformen:

Die im Luftbild sichtbaren Erosionsformen liegen zum größten Teil im südlichen bis südwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes. Westlich des Ortes Odlezly sind im Besonderen zwei große Grabensysteme zu erkennen, die zum Teil unter Forstbedeckung

liegen. In den Abbildungen 39 - 40 aus den Jahren 1938 und 1998 ist ein durch Erosion entstandener Graben gut zu erkennen.



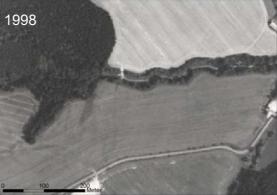


Abb. 39 und 40: Alte Erosionsform westlich des Ortes Odlezly 1938 und 1998 (Luftbilder: Militärisches Topographisches Institut Dobruska)

Die Abbildung 41 zeigt ein zusammenhängendes Erosionssystem Vodní jámy (Wassergrube) unter Forstbedeckung, wie es Janský et al. (1999) für dieses Gebiet beschreiben.

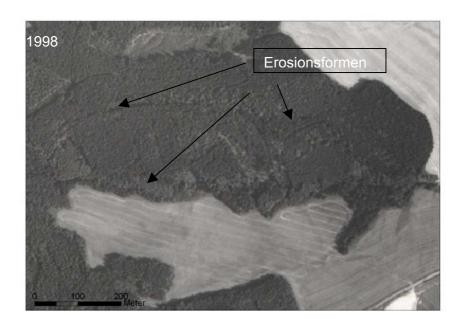
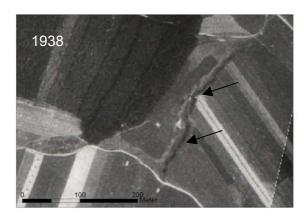


Abb. 41: Alte Erosionsformen westlich des Ortes Odlezly im Luftbild 1998. (Luftbilder: Militärisches Topographisches Institut Dobruska)

Für einen Standort wurde durch die stereoskopische Betrachtung der Luftbilder eine Erosionsform identifiziert, die im Verlauf der Jahre von 1938 bis 1998 einen Wandel unterlag. Die Abbildungen 42 bis 46 dokumentieren diese Veränderung.



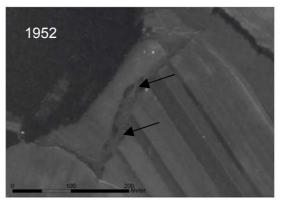


Abb. 42 und 43: Grabenerosion westlich des Ortes Odlezly im Luftbild von 1938 und 1952. (Luftbilder: Militärisches Topographisches Institut Dobruska)

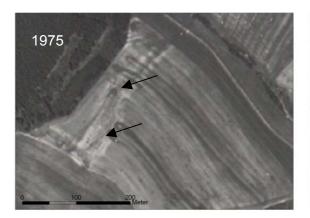




Abb. 44 und 45: Grabenerosion westlich des Ortes Odlezly im Luftbild von 1975 und 1987. (Luftbilder: Militärisches Topographisches Institut Dobruska)

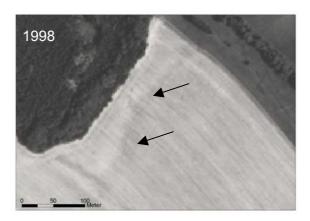


Abb. 46: Grabenerosion westlich des Ortes Odlezly im Luftbild von 1998. (Luftbilder: Militärisches Institut Dobruska)

Die vorangegangenen Abbildungen 42 und 43 zeigen den Urzustand des Grabens. In der Abbildung 44 sind noch Bearbeitungsspuren sichtbar, die auf eine Verfüllung schließen lassen. In den Abbildungen 45 und 46 sind nur noch Schatten des ehemaligen Grabens erkennbar, die sich durch die Ackernutzung durchpausen.

# 5.4 Ergebnisse der Bearbeitung der Luftbilder im GIS

Es werden die Ergebnisse der Landnutzungsveränderungen in der Žihler Furche und im Teileinzugsgebiet vorgestellt.

## 5.4.1 Landnutzungsveränderungen in der Žihler Furche

Zur Veranschaulichung der Flächenentwicklung in der Landwirtschaft von 1938 – 1998 ist in Abbildung 47 bis 51 ein Ausschnitt aus der Žihler Furche nördlich von Žihle dargestellt

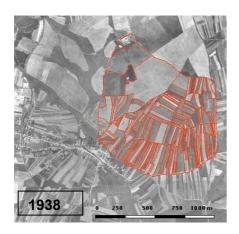




Abb. 47 und 48: Ausschnitt eines Feldkomplexes nördlich von Žihle in den Jahren 1938 und 1952 (Grundlage: Luftbilder des Militärischen Topographischen Instituts Dobruska)

Aus den Luftbildern der Jahre 1938 und 1952 sind für diesen Feldkomplex nur geringe Flächengrößenveränderungen sichtbar (vgl. Abb. 47 und 48).

Im Jahr 1975 verändern sich die Flächengrößen der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Gegensatz zu den Jahren 1938 und 1952 erheblich. Die zuvor von kleinteiligen Flächen geprägte Landwirtschaft wird im Jahr 1975 durch zusammengelegte, sehr große Anbauflächen bestimmt (vgl. Abb. 49).

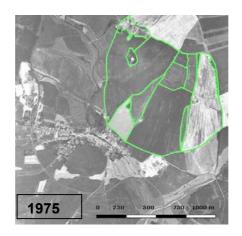
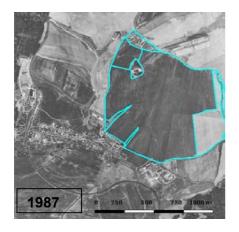


Abb. 49: Ausschnitt eines Feldkomplexes nördlich von Žihle im Jahr 1975. (Grundlage: Luftbilder des Militärischen Topographischen Instituts Dobruska)

Im Jahr 1987 dominiert im Wesentlichen nur noch eine große landwirtschaftliche Nutzfläche den vorliegenden Ausschnitt. Das darauf folgende Luftbild des Jahres 1998 zeigt im Vergleich zum Jahr 1987 wieder verkleinerte Feldgrößen, die mit denen des Jahres 1975 vergleichbar sind (vgl. Abb. 50 und 51).



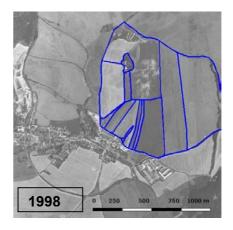


Abb. 50 und 51: Ausschnitt nördlich von Žihle in den Jahren 1987 und 1998 (Grundlage: Luftbilder des Militärischen Topographischen Instituts Dobruska)

#### 5.4.2 Landnutzungsveränderungen im Teileinzugsgebiet

Die aus den Luftbildern für die Jahre 1938, 1952, 1975, 1987 und 1998 im GIS digitalisierte Flächenverteilung der Landnutzung für das bearbeitete Teileinzugsgebiet des Mladotického jezera werden im folgenden näher erläutert.

#### Landnutzung 1938:

Für das Jahr 1938 wurden 507 Flächen digitalisiert. Mit fast 59,5 % stellt die Kraut- und Grasvegetation den höchsten Anteil an der Landnutzung, auf einer Fläche von 219 ha, verteilt auf 445 einzelne Schläge. Die Kleinteiligkeit dieser Landnutzungsform ist in Abbildung 52 gut zu erkennen. Nach der Kraut und Grasvegetation besitzt die Waldvegetation mit 112 ha den zweitgrößten Anteil (30 %) an der Gesamtfläche. Die Anzahl der Einzelflächen beziffert sich auf 15 Flächen, die sich hauptsächlich im mittleren Teil des TEZG und östlich des Mladotického jezera befinden.

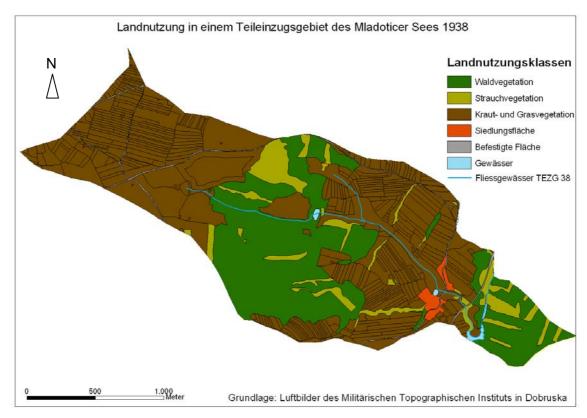


Abb. 52: Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1938

Rechnet man die Strauchvegetation (29,10 ha) mit hinzu, kommen diese beiden Nutzungsformen zusammen auf einen Flächenanteil von 38 %. Siedlungsflächen, befestigte Flächen und Gewässer machen insgesamt ca. 2,5 % der Fläche im TEZG aus. Die durchschnittliche Flächengröße beträgt 0,73 ha (vgl. Tab. 7).

Nutzungsart	Flächen- anzahl	Flächengröße in ha	Flächenanteil an der Gesamtfläche in %	Ø Flächen- größe in ha
Waldvegetation	15	111,70	30,30	7,45
Strauchvegetation	33	29,10	7,89	0,88
Kraut- und Grasvegetation	445	219,05	59,41	0,49
Siedlungsfläche	8	3,54	0,96	0,44
Befestigte Fläche	3	4,02	1,09	1,34
Gewässer	3	1,27	0,34	0,42
Summe	507	368,68	100	0,73

Tab. 7: Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1938

## Landnutzung 1952:

Für das Jahr 1952 konnten 414 Flächen digitalisiert werden. Der Anteil der Kraut- und Grasvegetation an der Gesamtfläche ist mit 58,74 % etwas geringer als im Jahre 1938, stellt aber immer noch mit Abstand die vorherrschende Nutzungsform dar.

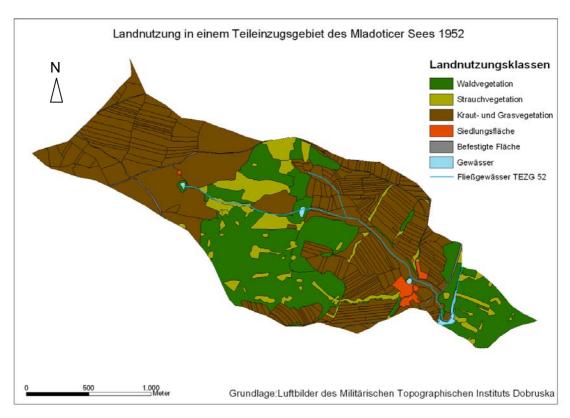


Abb. 53: Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1952

Die Kleinteiligkeit der Flächen in der Nutzungskategorie Kraut- und Grasvegetation erscheint in Abbildung 53 nicht groß verändert. Dennoch ist die Anzahl der Einzelflächen um 135 auf 310 zurückgegangen, bei einem Anstieg der durchschnittlichen Flächengröße von 0,49 ha auf 0,7 ha. Bei allen anderen Nutzungsarten ist der Unterschied zum Jahre 1938 marginal. Die Waldvegetation hat leicht um 2 ha abgenommen, dafür ist ein Zuwachs bei der Strauchvegetation um mehr als 1 % auf einen Gesamtflächenanteil von ca. 9 % zu verzeichnen. Im westlichen Teil des TEZG ist, wie in Abbildung 53 zu erkennen, ein künstliches Kleingewässer und ein neuer Siedlungsbereich entstanden, der den Gesamtanteil dieser Nutzungsarten leicht erhöht. Die durchschnittliche Flächengröße für das Jahr 1952 beträgt 0,89 ha (vgl. Tab. 8).

Nutzungsart	Flächen- anzahl	Flächengröße in ha	Flächenanteil an der Gesamtfläche in %	Ø Flächen- größe in ha
Waldvegetation	25	109,71	29,75	4,39
Strauchvegetation	59	33,51	9,09	0,57
Kraut- und Grasvegetation	310	216,58	58,74	0,70
Siedlungsfläche	10	3,62	0,98	0,36
Befestigte Fläche	5	3,76	1,02	0,75
Gewässer	5	1,54	0,42	0,31
Summe	414	368,72	100,00	0,89

Tab. 8: Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1952

#### Landnutzung 1975:

Eine große Veränderung der Flächenanzahl ist in den Luftbildern von 1975 zu erkennen. Im TEZG kommt es zu einer Verringerung der Flächenanzahl auf 169 Flächen (vgl. Abb. 54). Dies ist hauptsächlich auf die Veränderung in der Kategorie Kraut- und Grasvegetation zurückzuführen.

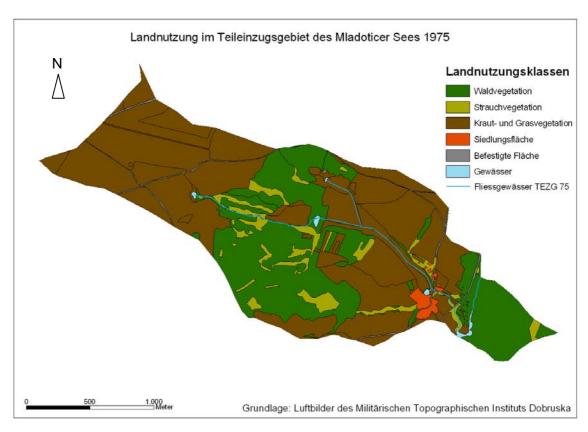


Abb. 54: Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1975

Die Anzahl der Flächen ist in dieser Kategorie im Gegensatz zum Jahre 1952 um 254 auf 56 Flächen geschrumpft und die durchschnittliche Flächengröße auf 3,84 ha gestiegen, bei einer fast gleichbleibenden Gesamtfläche von ca. 215 ha. Die Gesamtfläche der Waldvegetation hat sich um 12 ha auf 121 ha vergrößert. Im Gegensatz dazu ist die Strauchvegetation um 11 ha vermindert, auf einen Gesamtflächenanteil von nur noch ca. 6 %. Die Flächengröße der befestigten Fläche ist auf 4,6 ha gestiegen. Ebenso ist eine Vergrößerung der Siedlungsfläche zu verzeichnen, da sich nördlich des Mladotického jezera eine Bungalowsiedlung entwickelte. Die durchschnittliche Flächengröße für das Jahr 1975 beträgt 2,18 ha (vgl. Tab. 9).

Nutzungsart	Flächen- anzahl	Flächengröße in ha	Flächenanteil an der Gesamtfläche in %	Ø Flächen- größe in ha
Waldvegetation	31	121,71	33,01	3,93
Strauchvegetation	30	22,06	5,98	0,74
Kraut- und Grasvegetation	56	215,26	58,38	3,84
Siedlungsfläche	38	3,70	1,00	0,10
Befestigte Fläche	9	4,60	1,25	0,51
Gewässer	5	1,37	0,37	0,27
Summe	169	368,70	100,00	2,18

Tab. 9: Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1975

#### Landnutzung 1987:

Die Verkleinerung der Flächenanzahl setzt sich bis zum Jahre 1987 fort. Im TEZG konnten nur noch 111 Flächen digitalisiert werden. Für die Kategorie Kraut- und Grasvegetation sind 38 Einzelflächen ermittelt worden. Das entspricht einer Abnahme um weitere 18 Flächen, bei einer Verminderung der Gesamtfläche von ca. 10 ha. Die durchschnittliche Flächengröße pro Einzelfläche steigt auf 5,41 ha. Eine enorme Veränderung ist bei der Waldvegetation zu beobachten. Diese nimmt von 1975 bis 1987 um ca. 24 ha auf ca. 97 ha zu Gunsten der Strauchvegetation ab, die sich mit ca. 54 ha mehr als verdoppelt hat und einen Gesamtflächenanteil von 14,5 % einnimmt. In Abbildung 55 ist die Vergrößerung der landwirtschaftlichen Flächen (Kategorie Kraut- und Grasvegetation) und die Veränderung zwischen Wald- und Strauchvegetation im Vergleich zu 1975 (vgl. Abb. 54) gut zu erkennen. Die durchschnittliche Flächengröße für das Jahr 1987 beträgt 3,32 ha (vgl. Tab. 10).

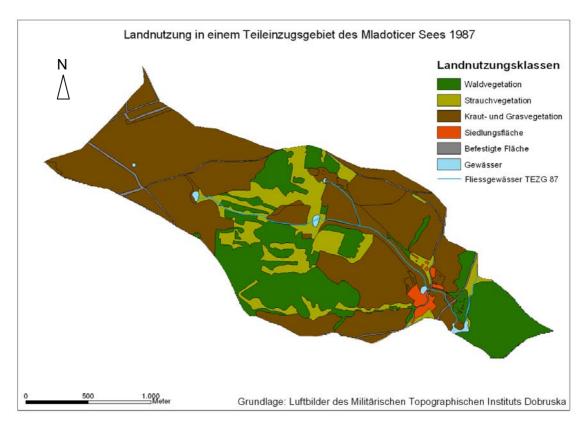


Abb. 55: Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1987

Nutzungsart	Flächen- anzahl	Flächengröße in ha	Flächenanteil an der Gesamtfläche in %	Ø Flächen- größe in ha
Waldvegetation	19	97,33	26,36	5,12
Strauchvegetation	15	47,90	12,97	3,19
Kraut- und Grasvegetation	39	211,47	57,26	5,42
Siedlungsfläche	27	4,16	1,13	0,15
Befestigte Fläche	5	6,40	1,73	1,28
Gewässer	6	2,04	0,55	0,34
Summe	111	369,30	100,00	3,32

Tab. 10: Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1987

#### Landnutzung 1998:

Nach den politischen Umwälzungen und den damit verbundene sozioökonomische Entwicklungen ist wieder ein Anstieg der Flächenanzahl auf 133 zu verzeichnen. Dieses ist vor allem auf die Verkleinerung der Flächen der Kraut- und Grasvegetation zurückzuführen die um 24 auf 62 Flächen ansteigt. Der Flächenanteil steigt dabei um

1,4 % auf 57,13 %. Die Waldfläche nimmt um 37 ha auf 135 ha zu und hat einen Gesamtflächenanteil von 36,5 %. Die Strauchvegetation schrumpft dagegen auf etwas mehr als 11 ha und ca. 3 % Gesamtflächenanteil. Siedlungs- und befestigte Fläche gehen leicht zurück. Die durchschnittliche Flächengröße für das Jahr 1998 beträgt 2,77 ha (vgl. Tab. 11 und Abb. 56).

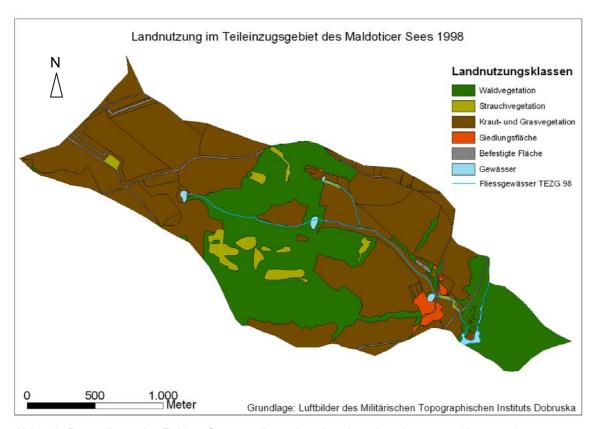


Abb. 56: Darstellung der Feldgrößenverteilung der einzelnen Landnutzungsklassen des Jahres 1998

Nutzungsart	Flächen- anzahl	Flächengröße in ha	Flächenanteil an der Gesamtfläche in %	Ø Flächen- größe in ha
Waldvegetation	14	134,71	36,54	9,62
Strauchvegetation	12	11,43	3,10	0,95
Kraut- und Grasvegetation	62	210,65	57,13	3,40
Siedlungsfläche	30	3,86	1,05	0,13
Befestigte Fläche	9	6,08	1,65	0,68
Gewässer	6	1,98	0,54	0,33
Summe	133	368,71	100,00	2,77

Tab. 11: Verteilung und Flächenanteile der Landnutzungsarten im TEZG im Jahre 1998

### 5.4.3 Veränderung der Nutzungsformen von 1938 bis 1998

Für die einzelnen Nutzungsformen wird die Entwicklung im TEZG im Folgenden näher betrachtet.

#### Kraut- und Grasvegetation

Der Flächenanteil der dominierenden Landnutzungsform (Kraut- und Grasvegetation) entwickelte sich von 1938 bis 1998 von ca. 59,5 % Gesamtflächenanteil auf ca. 57 % rückläufig. Das entspricht einer Abnahme von ca. 8,4 ha (vgl. Abb 57).

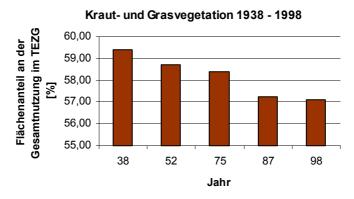


Abb. 57: Gesamtflächenanteil der Kraut- und Grasvegetation am TEZG

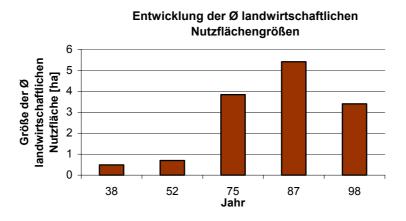


Abb. 58: Entwicklung der Flächengrößen der Kraut- und Grasvegetation im TEZG

In Abbildung 58 ist die Entwicklung der durchschnittlichen landwirtschaftlichen Nutzflächengröße abgebildet. Von 1938 kommt es zu einer Zunahme von 0,49 ha auf 5,42 ha im Jahre 1987. Betrachtet man die Veränderung in der Anzahl der einzelnen Flächen in Abbildung 59 ist der Zusammenhang zwischen Vergrößerung der durchschnittlichen Flächengröße und Verringerung der Flächenanzahl deutlich zu erkennen.

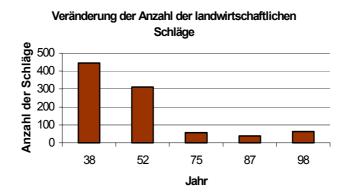


Abb. 59: Entwicklung der landwirtschaftlichen Schläge

Von über 400 Schlägen im Jahre 1938 geht die Anzahl der landwirtschaftlichen Nutzflächen auf 39 im Jahre 1987 zurück und steigt wieder leicht auf 62 Schläge bis zum Jahr 1998.

Die Größenveränderung der Anbauflächen des Teileinzugsgebietes spiegelt Tabelle 12 wider. So wurden die vielen kleinen Schläge des Jahres 1938 (zwei Drittel aller Flächen sind kleiner als 0,5 ha) bis 1987 zu wenigen großen Schlägen mit mehr als 60 % Gesamtflächenanteil zusammengelegt.

	19	938	19	952	19	975	19	87	19	98
Größengruppe in ha LN	FZ	FG in %	FZ	FG in %	FZ	FG in %	FZ	FG in %	FZ	FG in %
bis 0,1	61	1,50	31	0,76	5	0,15	2	0,08	2	0,12
0,1 - 0,3	169	14,91	79	7,55	6	0,66	4	0,33	12	0,99
0,3 - 0,5	107	19,43	72	12,73	8	1,46	2	0,42	7	1,25
0,5 - 1	75	23,02	81	25,62	6	1,86	8	2,58	9	3,31
1 - 2	18	10,49	33	21,24	6	4,09	3	2,15	9	6,05
2 - 5	9	14,21	10	13,81	9	15,60	7	9,38	8	12,56
5 - 10	6	16,43	4	18,29	9	30,22	6	21,21	8	27,13
10 - 20					7	45,97	4	30,13	6	37,20
> 20							2	33,74	1	11,37
Summe	445	100	310	100	56	100	38	100	62	100

Tab. 12: Flächengrößenentwicklung der Landwirtschaftlichen Nutzfläche (Kraut- und Gras vegetation) des TEZG des Mladoticke jezera von 1938 – 1998, FZ = Flächenzahl, FG = Anteil der Flächengröße an der Gesamtfläche, LN=Landnutzung

#### Wald- und Strauchvegetation

Der Flächenanteil der Waldvegetation an der Gesamtfläche des TEZG steigt von 1938 bis 1998 von knapp 30 % um ca. 6 % auf über 36 % an. Im Jahre 1987 geht der Waldanteil zwischenzeitlich auf ca. 26 % zurück (vgl. Abb. 60).

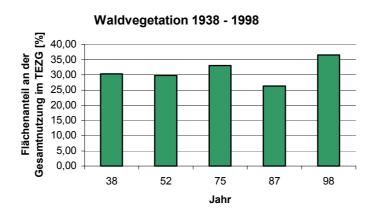
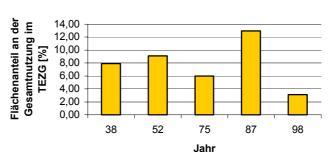


Abb. 60: Entwicklung der Waldvegetation im TEZG von 1938 bis 1998

Die Strauchvegetation zeigt eine entgegengesetzte Entwicklung (vgl. Abb. 61). Hier nimmt der Flächenanteil bis 1998 stark ab. Die höchste Ausbreitung der Strauchvegetation lag 1987 mit fast 13 % Flächenanteil vor.



Strauchvegetation 1938 - 1998

Abb. 61: Entwicklung der Strauchvegetation im TEZG von 1938 bis 1998

# Befestigte Fläche, Siedlungsfläche und Gewässer

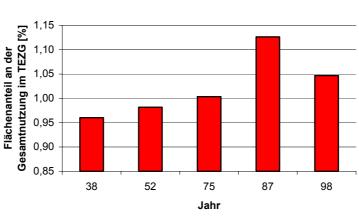
Die befestigten Flächen verzeichnen seit dem Jahr 1952 eine steigende Tendenz. Nur im Jahr 1998 ist ein geringer Rückgang zu verzeichnen. Der größte Flächenanteil beträgt im Jahr 1987 ca. 1,75 % der gesamten Teileinzugsgebietsfläche (vgl. Abb. 62).

#### 2,00 <u>%</u> 1,80 Gesamtnutzung im TEZG Flächenanteil an der 1,60 1,40 1,20 1,00 0,80 0,60 0,40 0,20 0,00 38 75 87 52 98 Jahr

#### Befestigte Fläche 1938 - 1998

Abb. 62: Entwicklung der befestigten Fläche im TEZG von 1938 bis 1998

Die Siedlungsflächen verzeichnen bis zum Jahr 1987 einen kontinuierlichen Anstieg. Im Jahr 1998 sinkt die berechnete Siedlungsfläche jedoch um ca. 0,75 %. Der größte Flächenanteil beträgt im Jahr 1987 ca. 1,25 % der gesamten Teileinzugsgebietsfläche (vgl. Abb. 63).



Siedlungsfläche 1938 - 1998

Abb. 63: Entwicklung der Siedlungsflächen im TEZG von 1938 bis 1998

Seit dem Jahr 1975 ist der Flächenanteil der offenen Gewässerflächen im Einzugsgebiet um ca. 0,2 % angestiegen. Insgesamt ist die Gewässerfläche des Teileinzugsgebietes jedoch mit maximal 0,55 % der Gesamtfläche äußerst gering (vgl. Abb. 64).

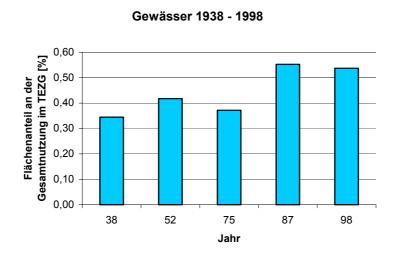


Abb. 64: Entwicklung der Gewässerfläche im TEZG von 1938 bis 1998

Zusammenfassend ist die Entwicklung der Flächennutzung aller Nutzungsformen in Abbildung 65 dargestellt. Die Dominanz der Kraut- und Grasvegetation im Teileinzugsgebiet ist deutlich zu erkennen.

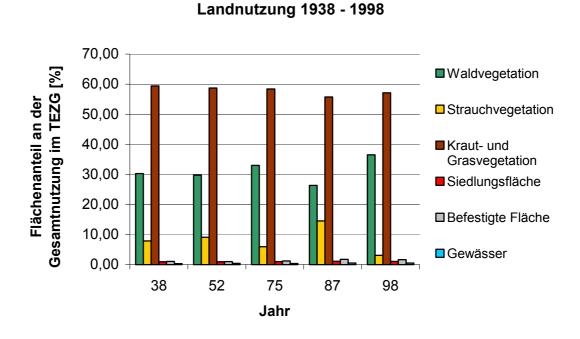


Abb. 65: Entwicklung der Landnutzungsformen im TEZG von 1938 bis 1998

# 5.5 Ergebnisse der Hangneigungsberechnung mit GIS

Die Karte der Hangneigung für das gesamte Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 66 dargestellt. Sie verdeutlicht die morphologische Oberflächenstruktur des Einzugsgebietes.

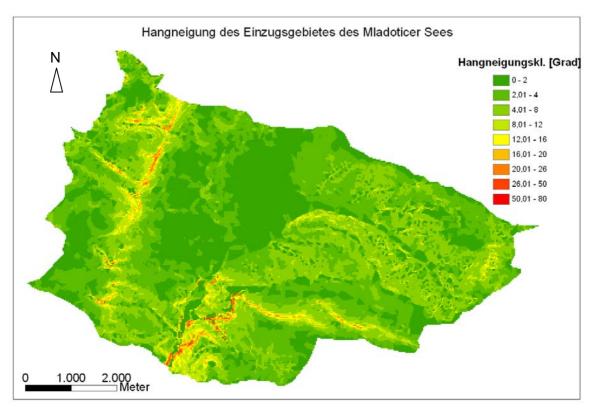


Abbildung 66: Karte der Hangneigung des Einzugsgebietes des Mladotického jezera. (Grundlage: DGM)

Die steilsten Bereiche mit einer Hangneigung von bis zu 50° sind am Übergang der westlichen Hochfläche zur Žihler Furche und östlich des Mladotického jezera sowie südlich des Bilovský potok zu finden. Die Žihler Furche weist ein größtenteils gemäßigtes Gefälle von bis zu 8° auf. Östlich daran anschließend nimmt die Hangneigung nördlich des Bilovský potok stellenweise um bis zu 20° zu. Die Bachverläufe und damit verbundenen Erosionsformen (Kerbtäler) sind gut in der Hangneigungskarte erkennbar. So sind im Oberlauf des Mladotický potok und Bilovský potok die Bachverläufe und in den westlichen Bereichen die Kerbtalformen im Übergang zwischen höher und tiefer gelegenen Bereichen gut zu verfolgen.

Im untersuchten TEZG treten ebenfalls Hangneigungen von bis zu 50° auf. Diese sind im Oberlauf des Odlezelský potok (Kerbtalform) und im westlichen Bereich des Übergangs zur Talaue des Mladotický potok deutlich zu sehen. Eine im westlichen Teil des TEZG liegende

größere Fläche weist hingegen moderate Hangneigungen von bis zu 4° auf. Der sich daran anschließende Bereich fällt nach Osten um bis zu 8° mit teilweise steileren kleinen Flächen von 12° ab (vgl. Abb. 67).

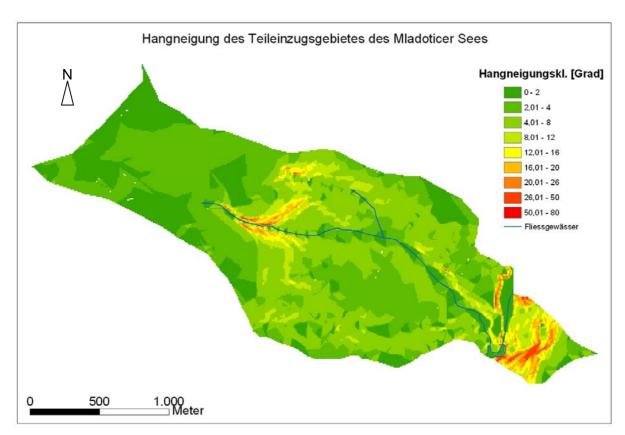


Abbildung 67: Karte der Hangneigung des TEZG (Grundlage: DGM)

Vergleicht man die Hangneigungen mit den Nutzungsformen im TEZG wird deutlich, dass die steilsten Bereiche mit Waldvegetation bestockt sind. Das betrifft vor allem das Gebiet östlich des Mladotický potok und Mladotického jezera sowie den zentralen Bereich des TEZG. Die moderat geneigten Flächen (< 4° Neigung) werden vorwiegend landwirtschaftlich genutzt.

In Tabelle 13 ist pro Auswertungsjahr die Anzahl der Flächen des Teileinzugsgebietes Hangneigungsklassen zugeordnet. Es wird deutlich, dass die kleinteiligen landwirtschaftlichen Flächen - egal welche Hangneigung sie aufweisen - einer Zusammenlegung unterworfen waren, die zu großen Schlägen und größeren Hanglängen führten. 1938 waren die meisten (270) Einzelflächen mit einer Gesamtgröße von 145 ha auf einer Hangneigung von 2° bis 5° anzutreffen. Als die Flächenzusammenlegung 1987 ihren Höhepunkt erreichte, ist die Anzahl der Flächen mit einem Gefälle von 2° bis 5° auf 20 gesunken.

Hangnei-	Anzahl Flächen					Flächengröße in ha*				
gung in °	1938	1952	1975	1987	1998	1938	1952	1975	1987	1998
< 1	13	10	3	4	5	4,81	4,19	1,51	1,48	3,56
1 bis 2	100	42	6	6	14	38,19	39,49	10,68	10,02	25,07
2 bis 3	120	70	16	8	17	85,40	87,39	108,11	100,47	87,38
3 bis 5	150	124	15	12	16	59,03	54,48	79,17	80,89	78,26
5 bis 10	59	62	16	7	9	30,49	30,29	15,84	12,27	16,12
10 bis 15	3	2	0	0	1	1,15	0,72	0	0	0,25
Summe	445	310	56	37	62	219,06	216,56	215,31	205,13	210,63

Tab. 13: Flächenanzahl und Flächengröße in Beziehung zur Hangneigung

# 5.6 Potenzielle Erosion im Einzugsgebiet des Mladotického jezera

Durch die Bearbeitung der Luftbilder und die Kartierung im Untersuchungsgebiet in Kombination mit Hangneigungsberechnungen im GIS können für das Einzugsgebiet des Mladotického jezera Bereiche bzw. Schläge potenzieller Erosion bestimmt werden.

Bei der Betrachtung der Informationen aus der Hangneigungskarte in Kombination mit den vorliegenden sandigen Böden (tschechische Bodenkarte Blatt B-2 Plzeň 1993) sind Flächen mit einer Neigung von mehr als 5° potenziell durch Wassererosion gefährdet (Frielinghaus & Deumlich 2006).

Bei der Untersuchung der Verteilung der Hauptnutzungsarten Wald und landwirtschaftliche Nutzfläche, lassen sich Gebiete mit geringer potenzieller Wassererosionsgefährdung identifizieren (vgl. Kapitel 2.1.2.3). Zu diesen Gebieten zählen die Forststandorte des Einzugsgebietes.

Auf landwirtschaftlichen Nutzflächen bestehen hingegen große Erosionspotenziale, wenn Anbauarten einen hohen C-Faktor und Anbauflächen große Hanglängen aufweisen. Für die in Abbildung 68 dargestellten landwirtschaftlichen Flächen des Teileinzugsgebietes mit einer Hangneigung von mehr als 5° und Gersteanbau (Kartierung 2005), ist ein erhöhtes Erosionspotenzial sowohl für die Zeit zwischen Ernte und Aussaat als auch während der Bestandszeit vorhanden.

<sup>\*</sup> Durch die Interpolation bei der Berechnung der Hangneigung pro Einzelfläche kommt es zu unterschiedlichen Flächengrößen in den jeweiligen Hangneigungsklassen.

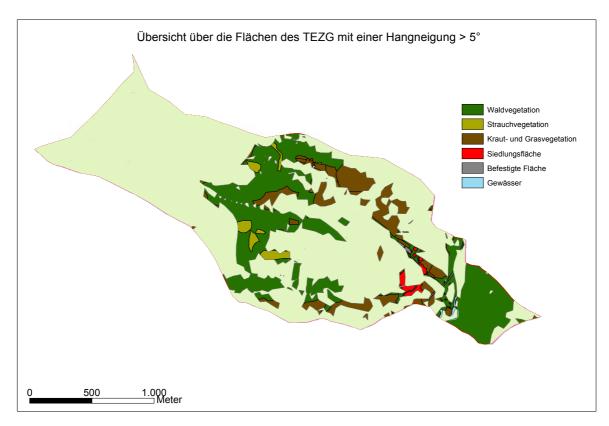


Abbildung 68: Karte der PWG für das Teileinzugsgebiet (gefährdete Flächen > 5° Hangneigung)

Am Auffälligsten für das Untersuchungsgebiet sind die großen Ackerflächen der Žihler Furche. Nach Berechnungen aus der Digitalisierung der Landnutzung weisen diese Flächen im Teileinzugsgebiet eine Größe von bis zu 24 ha auf. Die größte Fläche (Feld-Nr. 1)<sup>2</sup> im Teileinzugsgebiet mit 24 ha und einer Hanglänge von ca. 630 m befindet sich in einem Gebiet mit einer durchschnittlichen Hangneigung von ca. 4°. In Kombination mit einem hohen Mechanisierungsgrad der Bewirtschaftung wie er im Einzugsgebiet zu finden ist und dem Anbau von Getreide, stellt diese Schlagfläche eine Fläche potenzieller Erosion dar.

Eine weitere große Schlagfläche der Žihler Furche (Feld-Nr. 2) befindet sich direkt südlich von Žihle. Die aus den Luftbildern in Kombination mit den Höhenlinien gemessene Hanglänge ergibt für diesen Ackerschlag eine Länge von über 1000 m. Die Hangneigungskarte weist eine Neigung von  $2-8\,^\circ$  aus. Auch auf dieser Fläche kann von einer intensiven Bewirtschaftung im Zuge des Getreideanbau ausgegangen werden. Eine Kombination der Faktoren könnte auf dieser Fläche zu Bodenerosion durch Wasser und in

\_

Die Feld-Nummern werden für die bessere Unterscheidbarkeit einzelner Gebiete/Schläge vergeben und werden auch in Kapitel 6 Diskussion mit den selben Feld-Nummern identifiziert. Im Anhang werden diese Flächen lokalisiert.

der Zeit zwischen Ernte und Aussaat auch zu Winderosion aufgrund der Offenheit der Landschaft führen.

Eine weitere sehr große offene Ackerfläche befindet sich auf dem in Kapitel 5.4.1 dargestellten landwirtschaftlichen Flächenkomplex nördlich von Žihle. Auf einer der Feldflächen (Feld-Nr. 3) wurde im Jahr 2005 auf einer Fläche von ca. 40 Hektar Mais angebaut. Bei einer Hanglänge dieser Fläche von ca. 100 Metern und einer Hangneigung von bis zu 2° ist jedoch hier keine potenzielle Bodenerosion durch Wasser zu erwarten. Eine potenzielle Bodenerosion durch Wind ist möglich.

Die im Zuge der Kollektivierung entfernten Anbauterrassen stellen einen weiteren Bereich potenzieller Erosion im Einzugsgebiet dar (vgl. Kap. 5.3, Abb. 35 - 38). Die ehemaligen Terrassen befinden sich zum einen östlich des Mladotický potok (Feld-Nr. 4) und zum anderen südlich und östlich des Bilovský potok (Feld-Nr. 5). Die Hangneigung in diesen Gebieten liegt zwischen 7 und 12° bei einer Hanglänge von 400 bzw. 200 Metern. Die Flächen sind in den Luftbildern von 1998 zu einem Teil mit Wald bedeckt und die restliche Fläche wird landwirtschaftlich genutzt.

Ein weiterer Faktor der zu Erosion führen kann, sind die im Einzugsgebiet liegenden fossilen Erosionssysteme (vgl. Kap. 5.3, Abb. 41). Diese befinden sich vor allem westlich Odlezly. Sie sind zum Teil auf Ackerstandorten und zum Teil unter Waldbedeckung sichtbar (Feld-Nr. 6). Besonders ein im Zuge der Flächenzusammenlegung zugeschütteter Graben (Feld-Nr. 1) könnte durch die intensive Nutzung der darüber befindlichen Ackerfläche wieder aufbrechen. Im Luftbild von 1998 zeichnet sich dieser Graben deutlich ab (vgl. Abb. 42 – 46).

Auch eine bestehende Erosionsform nördlich von Odlezly die in Kapitel 5.2, Abbildung 33 bereits beschrieben wird, stellt einen Bereich dar, der einer potenziellen Erosionsgefahr unterliegt.

# 6 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Fragestellung und Zielsetzung dieser Arbeit kritisch diskutiert und bewertet. Im Besonderen wird die Veränderung der landwirtschaftlichen Nutzfläche diskutiert, da sie einen wichtigen Faktor für potenzielle Bodenerosion im Untersuchungsgebiet darstellt.

# 6.1 Bewertung der Qualität der Luftbildreihen

Die Auswertung der Luftbildreihen der einzelnen Jahrgänge zeigt eine unterschiedliche Qualität der Luftbilder. So weist die Luftbildreihe aus dem Jahr 1938 eine durch starken Seitenwind geprägte Abdrift auf, die zu Unregelmäßigkeiten in der Bildanordnung führte, da die Flugrichtung nur zum Teil durch Gegensteuern im Winkel der Abdrift eingehalten wurde. Daraus ergibt sich die in Abbildung 69 dargestellte Bildabfolge.

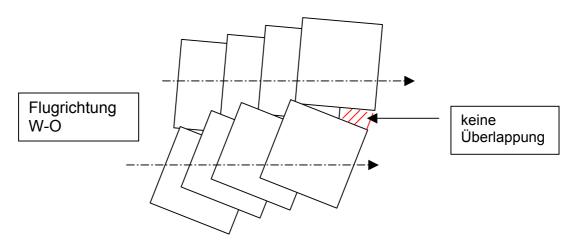


Abb. 69: Bildanordnung von Luftbildern bei Seitenwind und ohne Kurskorrektur

Die unregelmäßige Bildanordnung der Luftbilder des Jahres 1938 führt dazu, dass 5 % des Untersuchungsgebietes nicht abgebildet werden. Daraus resultiert Informationsverlust, da keine vollständige Stereoauswertung möglich ist. Auch für das Jahr 1952 ist keine komplette Stereoauswertung der Luftbilder durchführbar, da im nordöstlichen Bereich des Einzugsgebietes ein Luftbild fehlt. Der fehlende Ausschnitt ist jedoch verhältnismäßig klein. Der daraus resultierende Informationsverlust liegt nur bei ca. 1 %. Die restlichen Luftbildreihen 1975, 1987 und 1998 liegen komplett mit einer Bedeckung für das gesamte Untersuchungsgebiet vor. Die stereoskopische Überlappung dieser Luftbilder liegt bei ca. 60 % und die Querüberlappung bei durchschnittlich 25 %, so dass für die Jahre 1975, 1987 und 1998 eine stereoskopische Auswertung des gesamten Einzugsgebietes möglich ist.

Die Luftbildreihen, mit Ausnahme der des Jahres 1952, sind gut ausgeleuchtet, weisen jedoch an den Waldrändern z. T. Schlagschatten auf, so dass die angrenzenden Flächen nur eingeschränkt zu deuten sind und die Bearbeitung im Ermessen des Betrachters erfolgt. Im Gegensatz zu den restlichen Bildern weisen die Luftbilder des Jahres 1952 in den Randbereichen teilweise Unschärfen auf. Gleichzeitig ist die Schärfe einzelner Bilder aufgrund des Bildabzugs vermindert, daher erscheinen diese Bilder getrübt. Eine stereoskopische Auswertung der 1952er Bilder wird dadurch erschwert.

# 6.2 Bewertung der digitalisierten Landnutzung des Teileinzugsgebietes im Kontext des Landschaftswandels

Der in der Literatur beschriebene Landschaftswandel im Zuge der Kollektivierung des landwirtschaftlichen Sektors in Tschechien (Bıčíκ et al. 1996) spiegelt sich im TEZG sehr gut wider. Ein Vergleich mit der vorliegenden Literatur ist nur bedingt möglich, da diese nur auf Betriebsgrößenstrukturen und nicht auf Schlaggrößenstrukturen verweist. Das Wachstum der Betriebsgrößen in der Tschechoslowakei während der Kollektivierung (BAJAJA 1975) und die Vergrößerung der Schläge im TEZG stehen jedoch in einem engen Zusammenhang.

Weiterhin muss angemerkt werden, dass die Zeitspanne zwischen den einzelnen Luftbildjahrgängen zum Teil bei über 20 Jahren liegt. Besonders der Landschaftswandel in den 1960er Jahren, der von Bajaja (1975) als die Hochphase der Kollektivierung bezeichnet wird ist für die Landschaftsentwicklung bedeutungsvoll. Mit den vorliegenden Luftbildern und der daraus digitalisierten Landnutzung kann diese Phase jedoch zeitlich nicht enger eingegrenzt werden. Die Untersuchung ist auf die Zeit vor und nach der Kollektivierung beschränkt, so dass keine Zwischenstufen des Landschaftswandels erfasst werden konnten.

Das Ergebnis der Kollektivierung lässt sich mit Hilfe der digitalisierten Landnutzung des Teileinzugsgebietes sehr gut darstellen. Die Auswertung zeigt deutlich, dass sich der Landschaftswandel hauptsächlich auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen beschränkt hat. Die Fläche des Wirtschaftswaldes (Forstflächen und Aufforstungsflächen) bleibt über den Bearbeitungszeitraum relativ konstant bei einem durchschnittlichen Flächenanteil 38 – 40 %. Im Vergleich zum Landesdurchschnitt Tschechiens liegt die Bewaldung des Teileinzugsgebietes um ca. 5 – 8 % und die des Einzugsgebietes um ca. 17 % über dem Durchschnitt von ca. 33 % (ROERING 1999). Innerhalb des Wirtschaftswaldes hat zwischen den Jahren 1975 und 1987 ein verstärkter Stockeinschlag stattgefunden. Die

Wiederaufforstungsflächen (Strauchvegetation) im Jahr 1987 entwickelten sich bis zum Jahr 1998 zu einem großen Anteil wieder zu einem dichten Forstbestand (Nadelwald). Die Auswertung der Flächengrößen der verschiedenen Landnutzungsklassen ergibt in den Jahren von 1952 – 1975 die markantesten Flächenveränderungen. Diese betragen für die Gesamtfläche des Teileinzugsgebietes eine Steigerung der Schlaggrößen um ~ 245 % von 0,89 ha durchschnittlicher Schlaggröße (1952) auf 2,18 ha durchschnittlicher Schlaggröße (1975) für alle Nutzungsarten. Die größten Veränderungen haben hierbei in der Nutzungsklasse der Kraut- und Grasvegetation stattgefunden. Im Zeitraum von 1952 bis 1975 ist die mittlere Hektarfläche der einzelnen Nutzflächen dieser Nutzungsart um 550 % auf ca. 3,84 ha angestiegen und bis zum Jahr 1987 um weitere 140 % auf 5,41 ha. Erst nach Einsetzen der Transformationsprozesse in der Landwirtschaft ab 1989 (SCHLÜTER 2001) sind Verkleinerungen der Schlagflächen festzustellen, die mit einer Verringerung der landwirtschaftlichen Schlagflächen auf durchschnittlich 3,4 ha einherging.

# 6.3 Bewertung der Datenübertragbarkeit vom Teileinzugsgebiet auf das Einzugsgebiet

Nach Auswertung der Ergebnisse ist festzustellen, dass die Zusammensetzung der Landnutzung des Teileinzugsgebietes und des Einzugsgebietes nicht identisch sind. Vor allem die Forstvegetation ist im Teileinzugsgebiet unterrepräsentiert, zugunsten der Krautund Grasvegetation, da sich die Waldbestände zu einem großen Teil auf die höheren Lagen des Einzugsgebietes konzentrieren. Der Anteil der Waldvegetation an der Teileinzugsgebietsfläche liegt mit 36,54 % ca. 8 % niedriger als der Anteil der Waldvegetation an der Gesamteinzugsgebietsfläche, die sich auf ca. 45 % beläuft. Im Vergleich dazu ist der Anteil der Kraut- und Grasvegetation im Teileinzugsgebietes mit 57,14 % der Gesamtfläche relativ hoch zur Fläche der Kraut- und Grasvegetation des Einzugsgebietes mit 43 %. Auch die Siedlungsflächen des Teileinzugsgebietes (1,05 %) stimmen prozentual zur Gesamtfläche nicht mit dem Einzugsgebiet (ca. 5 %) überein, da die größte Ortschaft des Einzugsgebietes außerhalb des Teileinzugsgebietes liegt. Bei der Betrachtung der Struktur der landwirtschaftlichen Nutzflächen, ist eine Übertragung der Ergebnisse des Teileinzugsgebietes auf das Gesamteinzugsgebiet möglich. Die Entwicklung der Schlaggrößen wurde in Kapitel 5.4.1 exemplarisch für das Einzugsgebiet an einem Feldkomplex der Žihler Furche erläutert und zeigt, dass sich die

Schlaggrößenentwicklung des Teileinzugsgebietes (vgl. Kap. 5.4.2) und des Einzugsgebietes nicht voneinander unterscheidet.

# 6.4 Vergleich der Flächengrößenveränderungen mit Veränderungen in Baden-Württemberg und der ehemaligen DDR

Im Teileinzugsgebiet bewirkten die Kollektivierungsmaßnahmen eine Vergrößerung der Schlagflächen um das 7 – 8-fache in der Zeit von 1952 – 1987. Die mittlere Hektarfläche der landwirtschaftlichen Nutzfläche stieg von 0,7 ha (1952) auf 5,41 ha (1987).

Im Vergleich dazu waren die Flurbereinigungsmaßnahmen in Baden-Württemberg von geringerem Ausmaß. Die Entwicklung der durchschnittlichen Flächengröße landwirtschaftlicher Schläge ergibt für Baden-Württemberg im Zeitraum von 1961 bis 1974 eine Flächenvergrößerung durch Flurbereinigung von 0,26 ha auf 0,78 ha und von 1975 bis 1987 eine Vergrößerung von 0,45 ha auf 1,8 ha (vgl. BRONSTERT et al. 1993).

Betrachtet man im Gegensatz zu den Veränderungen im Teileinzugsgebiet und in Baden-Württemberg die Schlaggrößenveränderungen in den neuen Bundesländern, so sind letztere verhältnismäßig groß. Flurmeliorationen und Schlagräumungen im Zuge des LPG-Gesetzes der DDR von 1959 führten z. B. 1982 zu Schlaggrößen von durchschnittlich 47 ha im Landkreis Querfurt (Sachsen-Anhalt) bei einer Anzahl von 124 Schlägen. Im Jahr 1994 wurden in weiteren Gemeinden dieses Bundeslandes sogar Schlaggrößen von durchschnittlich 35 – 88 ha gemessen (DIETZEL et al. 2000). Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass die weiten Lössebenen Sachsen-Anhalts im Gegensatz zum Hügelland des Einzugsgebietes andere naturräumliche Grundlagen für die Landnutzung bieten.

# 6.5 Bewertung der Ergebnisse für die Ermittlung potenzieller Bodenerosionsgefährdung

Die Auswertung des Landschaftswandels, der Hangneigungskarte, der stereoskopischen und GIS-gestützten Luftbildauswertung sowie der Überblickskartierung in Verbindung mit der vorliegenden Literatur hat für das EZG verschiedene Parameter identifiziert, aus denen Flächen einer potenziellen Erosionsgefährdung im Untersuchungsgebiet lokalisiert werden können.

Die Bodenart ist einen Parameter, dessen Einfluss bei der Erosion durch Wasser entscheidend sein kann. Die Übertragbarkeit der Bodenart Sand auf das gesamte

Einzugsgebiet geht nicht auf potenzielle Unterschiede im Untersuchungsgebiet ein. Da keine detaillierteren Bodenwerte vorliegen, wird die Bodenart aus der tschechischen Bodenkarte (tschechische Bodenkarte, Blatt B-2 Plzeň 1993) übernommen.

Die aus der für das Einzugsgebiet angenommenen Bodenart Sand abgeleitete potenzielle Wassererosionsgefährdung für die Hangneigung größer 5° vernachlässigt jedoch regionale Bereiche, die eine andere Bodenart aufweisen könnten. So steigt die potenzielle Wassererosionsgefährdung von Sand-, zu Lehm-, zu Schluffböden von einer geringen über eine mittlere bis zu einer hohen potenziellen Wassererosionsgefährdung bei einer Hangneigung ab 5°. Die Annahme einer mittleren potenziellen Wassererosionsgefährdung ab einer Hangneigung von 5° kann deshalb nur als Orientierungswert dienen.

Die Ausweisung von Gefährdungsklassen der Bodenerosion erfolgt bei verschiedenen Autoren (FRIELINGHAUS & DEUMLICH (2006) / LUNG (2002)) in unterschiedlich differenzierter Klassifizierung. In dieser Arbeit wurde die Klassifikation entsprechend der Einteilung von FRIELINGHAUS & DEUMLICH (2006) zu Grunde gelegt.

Die Hangneigung als ein weiterer Parameter bei der Betrachtung der potenziellen Wassererosionsgefährdung wurde aus dem Digitalen Geländemodell (DGM) generiert. Da das DGM aus den Höhenlinien erstellt wurde, sind keine weiteren Angaben über Höhenpunkte, Senken und Geländeknicks in die Hangneigung integriert, so dass geringe Abweichungen zwischen Hangneigungskarte und Realität möglich sind.

Im Ergebnisteil (Kapitel 5.6) wurden mehrere Gebiete potenzieller Bodenerosion durch Wasser lokalisiert, die im Einzelnen diskutiert werden.

#### Forststandorte:

Da die Forststandorte aufgrund ihres hohen Vegetationsbedeckungsgrades tendenziell eine geringe potenzielle Wassererosionsgefährdung aufweisen, muss für diese Arbeit angemerkt werden, dass sich diese Standorte auf den steilsten Flächen des Untersuchungsgebietes befinden. Die Hangneigung auf diesen Standorten liegt zwischen 12° und 50°.

Im Westteil des Einzugsgebietes werden diese Waldbereiche vom Žihelský potok und Přebořovksý potok durchflossen, so dass zumindest im Bereich der Bäche eine potenzielle Erosion möglich erscheint. JANSKÝ et al. (1999) beschreiben für die Bachläufe

des Einzugsgebietes Vergrößerungen der Bachquerprofile, so dass die Hypothese einer potenziellen Erosion unter Waldbestand für den Bereich der Bachläufe gestützt wird.

Auch die älteste Erosionsform des Untersuchungsgebietes (Feld Nr. 6), die als Vodní jámy (Wassergrube) bezeichnet wird, liegt unter Forstbestand. Nach JANSKÝ (1999) sind diese Erosionsgräben jedoch fossil bzw. inaktiv, da sie im 19. Jahrhundert stabilisiert wurden. In den Luftbildern sind die Strukturen der Erosionsgräben im Jahr 1998 noch gut wahrzunehmen (vgl. Abb. 41). Sollte die Waldbedeckung entfernt oder ausgedünnt werden, ist eine Revitalisierung der Erosionsgräben wahrscheinlich.

#### Standorte landwirtschaftlicher Nutzung:

Die landwirtschaftliche Nutzfläche des Einzugsgebietes muss aufgrund der Vegetationsbedeckung und der unterschiedlichen Hangneigung, Hanglänge und Schlaggröße sehr differenziert betrachtet werden. Im folgenden werden die in Kapitel 5.6 beschriebenen "Feld-Nummern" diskutiert.

#### Feld-Nr. 1:

Der als Feld-Nr. 1 bezeichnete Ackerschlag westlich Odlezly weist mehrere Faktoren auf, die nach FRIELINGHAUS & DEUMLICH (2006) zu potenzieller Wassererosionsgefährdung führen können:

- Hangneigung 2° 8°
- verfüllte Erosionsrinne auf dem Ackerschlag
- Flächengröße ~ 24 Hektar
- Hanglänge ~ 630 Meter
- Getreideanbau (Wintergerste)

Die Wahrscheinlichkeit einer Erosionsgefahr durch Wasser erscheint für dieses Gebiet aufgrund seiner Vegetationsbedeckung gering. Jedoch ist die Phase mit fehlender Vegetationsbedeckung zwischen Ernte und neuer Aussaat als potenziell erosionsgefährdend einzuordnen. Diese Phase liegt in den Monaten August bis Oktober, und überschneidet sich mit der Zeit der höchsten Niederschlagswerte im Untersuchungsgebiet von Juni bis August (vgl. Kapitel 3.3.1). Nach FRIELINGHAUS & DEUMLICH (2006) kann diese Feldfläche aufgrund der Hangneigung und der Bodenart Sand als Fläche mit geringer potenziellen Wassererosionsgefährdung identifiziert werden.

Bei zusätzlicher Betrachtung des Niederschlags und der Vegetationsbedeckung steigt die potenzielle Erosionsgefährdung. Wird die auf dieser Ackerfläche liegende fossile Erosionsform in die Diskussion eingebracht, bestätigt sich diese Annahme, da auf dieser Fläche bereits zu einem früheren Zeitraum Erosion stattgefunden hat und somit potenziell zu erwarten ist. Aufgrund der Flächengröße und der windoffenen Lage ist während der Zeit ohne Vegetationsbedeckung für diese Feldfläche zudem potenziell Winderosion zu erwarten.

#### Feld-Nr. 2:

Die Feldfläche Nr. 2 bezeichnet einen Ackerschlag südlich Žihle. Auch dieser Schlag weist Merkmale auf, die zu potenzieller Wassererosionsgefährdung führen können :

- Hangneigung 2° 8°
- Flächengröße ~ 54 Hektar
- Hanglänge ~ 1000 Meter
- Getreideanbau (Wintergerste)

Auf dieser Fläche besteht ebenso wie auf Feld-Nr. 1 eine geringe potenzielle Bodenerosionsgefahr durch Wasser. Die Gefahr steigt auf diesem Feld in der Phase fehlender Vegetationsbedeckung. Die große Hanglänge wirkt sich ebenfalls erosionsfördernd aus. Eine Gefahr durch Winderosion ist aufgrund der Flächengröße und der Windoffenheit auch für diesen Ackerschlag in der Zeit zwischen Ernte und neuer Aussaat zu erwarten.

#### Feld-Nr. 3:

Die Feldfläche Nr. 3 befindet sich auf einem große Feldkomplex nördlich Žihle und weist folgende potenziellen Wassererosionsgefährdungsparameter auf:

- Hangneigung bis 2°
- Flächengröße ~ 40 Hektar
- Hanglänge ~ 150 Meter
- Maisanbau

Nach FRIELINGHAUS & DEUMLICH (2006) liegt für diese Fläche aufgrund der geringen Hangneigung von bis zu 2° potenziell keine Erosionsgefährdung durch Wasser vor. Der Anbau von Mais mit einer Vegetationsperiode von Juni bis Oktober begünstigt jedoch eine Erosion durch Wasser (vgl. Abb. 70) und Wind (vgl. Abb. 71).



Abb. 70: Feldfläche Nr. 3 nördlich Žihle, Mai 2005 (Foto: Achim Schulte)



Abb. 71: Feldfläche Nr. 3 nördlich Žihle, Winderosion auf unbedecktem Acker (Luftbild: Militär. Topograph. Institut Dobruska 1998)

Zudem wurden während der Überblickskartierung im Juli 2005 im Randbereich dieser Fläche Bereiche mit kümmerlichem Bewuchs kartiert, die durch in Verbindung mit Abb. 70 auf Vernässungen schließen lassen, die ebenfalls erosionsfördernd wirken können (MORGAN 1999). Die aus einem Luftbild von 1998 entnommene Abb. 71 deutet zudem auf Winderosion auf der selben Fläche hin.

#### Felder Nr. 4 und Nr. 5

Östlich des Mladotický potok befindet sich die Feldfläche Nr. 4 (vgl. Abb. 72). Die Feldfläche Nr. 5 befindet sich östlich des Bilovský potok (vgl. Abb. 72). Auch diese Flächen zeigen Merkmale auf, die potenziell erosionsauslösend wirken können:

- Hangneigung 7° 12°
- Hanglänge 200 m (Feld Nr. 4) bzw. 400 m (Feld Nr. 5)
- Acker bzw. Wiesennutzung<sup>3</sup>, z. T. Forstbestand
- Fläche mit ehemaligem Terrassenanbau

Für diese Flächen kann potenziell eine geringe bis mittlere potenzielle Wassererosionsgefährdung aufgrund der Hangneigung und der Bodenart angenommen werden. Die Gefahr eines Bodenabtrags ist auf diesen Gebieten z. T. durch Waldbedeckung und z. T. durch Wiesenflächen verringert. Die Einebnung der Terrassen kann auf diesen Flächen unter Ackernutzung eine verstärkte potenzielle Wassererosionsgefährdung bewirken<sup>4</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Die Unterscheidung zwischen Acker- und Wiesennutzung ist aus den Luftbildern nur bedingt möglich.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Aufgrund schlechter Zugänglichkeit wurde diese Fläche im Gelände nicht kartiert.

Die zuvor lokalisierten Standorte für eine potenzielle Bodenerosion durch Wasser und Wind lassen für das Einzugsgebiet die Prognose zu, dass es auf fast allen landwirtschaftlich genutzten Flächen potenziell Bodenerosion geben kann, wenn der Parameter der Vegetationsbedeckung gering ist und die Niederschläge eine Bodenerosion begünstigen. Der erodierte Boden des Einzugsgebietes stellt für den Mladotického jezera die Sedimentquelle dar, sofern er nicht in Kolluvien innerhalb des Einzugsgebietes abgelagert wird.

# 6.6 Fehlerbetrachtung

Die Georeferenzierung der Luftbilder birgt eine Fehlerquelle, da die Bilder nicht reliefentzerrt (3-dimensional) sondern flächenhaft (2-dimensional) entzerrt wurden. Liegen in bestimmten Gebieten keine Passpunkte zwischen Karte und Luftbild vor, können diese Gebiete nicht vollständig entzerrt werden, so dass die Flächen im entzerrten Luftbild nicht in der realen Größe, sondern kleiner abgebildet werden.

Die Verwendung der generalisierten TK 25 als Grundlage für die Georeferenzierung und Entzerrung der Luftbilder birgt eine zusätzliche Fehlerquelle, da das Luftbild und die Karte aufgrund der Generalisierung nie zu 100 % übereinstimmen können. Messungen aus den Luftbildern und Berechnungen aus der Landnutzungsdigitalisierung besitzen somit einen geringen Fehler.

Auch die Durchschnittsgröße der landwirtschaftlichen Nutzfläche muss kritisch betrachtet werden, da kleinteilige Flächen wie z. B. Wiesen und Gärten (meist unter 0,1 ha Flächengröße) die durchschnittliche Größe der Nutzungsklasse der Kraut- und Grasvegetation verfälschen. Die Durchschnittsgröße der reinen Ackerschläge wird somit nicht erfasst. Daraus folgt, dass der Durchschnittswert nicht einzeln betrachtet werden darf, sondern für eine Bewertung zusätzlich die Schlaggrößenkategorien betrachtet werden müssen, um eine adäquate Aussage zu Veränderungen treffen zu können.

Ein weiterer potenzieller Fehler liegt in der manuellen Digitalisierung der Flächen, da im Luftbild manche Strukturen nicht zu identifizieren sind. So ist z. B. die Grenze von Wald und Ackerfläche durch Schlagschatten nicht eindeutig. Zudem sind Siedlungen bzw. Häuser zum Teil nicht als solche erkennbar oder wie z. B. in den Luftbildern von 1998 (im Gebiet nördlich des Mladotického jezera) durch Wald verdeckt, so dass Abweichungen zwischen Wirklichkeit und Digitalisierung aus den Luftbildern bestehen.

# 6.7 Grenzen bei der Bearbeitung von Daten mit GIS

In Kapitel 4 wurde bereits angedeutet, dass die Möglichkeiten im GIS begrenzt sind, wie z. B. der Versuch der 3-dimensionalen Entzerrung der Luftbilder mit dem Programm ERDAS Imagine gezeigt hat. Länderspezifische Kartenprojektionen - wie im vorliegenden Fall die tschechische KROVAK-Projektion - führen zu Hindernissen oder Barrieren, wenn die Programme bei der Arbeit mit dieser Projektion nicht fehlerfrei funktionieren, so dass ein Datenverlust entstehen kann (vgl. Kap. 4.3.1). Die Möglichkeiten der Bearbeitung im GIS sind sehr vielfältig, es muss aber auch das Problem der Datenqualität angesprochen werden. Geographische Informationssysteme sind abhängig von dem Datenmaterial und der Datenqualität die sie verarbeiten sollen. Sind diese Materialien unvollständig, werden die Fehler der Eingabeparameter durch die nachfolgende Ableitung weiterer Parameter mitgeführt und erhöht. Fehlerhafte Eingabeparameter können zum Beispiel durch eine fehlende Darstellung von Geländeknicks oder Terrassen in Topographischen Karten entstehen. Im Zuge der Erstellung dieser Arbeit sind beispielsweise keine Abrisskanten und Grabensysteme des Einzugsgebietes in die Höhenliniendigitalisierung eingeflossen, so dass diese nicht im Digitalen Geländemodell berücksichtigt sind.

# 7 Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund eines Forschungsvorhaben zum "Einfluss des prä- bis postkommunistischen Landschaftswandels auf die Sedimentationsdynamik im Einzugsgebiet des Mladotického jezera" wurde diese Arbeit erstellt. Für die Erforschung der Sedimentdynamik ist die Auswertung der Flächenveränderungen und Erosionspotenziale mittels Fernerkundung notwendig, um Veränderungen in den Seesedimenten mit dem Geschehen im Untersuchungsgebiet korrelieren zu können.

Da sich Landnutzungsveränderungen in Sedimenten widerspiegeln können, wurden Luftbildreihen von 1938 bis 1998 ausgewertet und im Jahr 2005 eine Kartierung durchgeführt. Der Zeitraum umfasst Luftbilder vor und nach großen Umbruchphasen in der Tschechischen Republik, die große Auswirkungen auf die Landnutzung hatten. Die benötigten Luftbilder wurden vom Militärischen Topographischen Institut in Dobruska zur Verfügung gestellt.

Aus den Bearbeitungsergebnissen wurden Aussagen zum Landschaftswandel und zu den Erosionspotenzialen im Untersuchungsgebiet abgeleitet.

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse, die gleichzeitig die eingangs gestellten Fragen beantwortet, erfolgt im Anschluss. Die detaillierten Ergebnisse sind in Kapitel 6 ausführlich diskutiert worden.

I. Die Auswertung der Luftbilder hinsichtlich eines Landschaftswandels im Untersuchungsbericht erbrachte folgendes Ergebnis:

Die stereoskopische und die GIS-gestützte Auswertung der Luftbilder ergab, dass im Untersuchungsgebiet ein Landschaftswandel erfolgte. Dieser hat im Besonderen im Zeitraum zwischen 1952 und 1975 stattgefunden. Während die Veränderungen innerhalb der Forststandorte eher moderat sind und bei einem Flächenanteil am Teileinzugsgebiet von 100 – 130 ha eine Schwankungsbreite der Flächengrößen von 4 bis 9 ha umfassen, weisen die Luftbilder für landwirtschaftliche Nutzflächen wesentlich größere Veränderungen auf. Diese belaufen sich bei einem Anteil an der Gesamtfläche von 210 bis 215 ha auf eine Schwankungsbreite der Flächengrößen zwischen 1938 und 1998 von 0,49 – 5,42 ha. Die Entwicklung einer zuvor durch kleinteilige Felder geprägten

Landschaft zu einer Landschaft mit großen Ackerschlägen kann mit Hilfe der Luftbilder sehr gut nachgewiesen werden.

II. Kann dieser Landschaftswandel mit Hilfe der vorliegenden Luftbilder visualisiert werden?

Die Luftbilder bieten eine gute Quelle, um vielfältige Informationen über eine Landschaft zu gewinnen. Im Untersuchungsgebiet findet der Landschaftswandel Ausdruck in Flächengrößenstrukturen, veränderten entfernten Anbauterrassen, eingeebneten Feldrainen und der Verfüllung von Erosionsformen. Diese Strukturveränderungen lassen sich aus den Luftbildern ableiten und in einem GIS verarbeiten. Durch die Digitalisierung des Teileinzugsgebietes können diese Veränderungen sehr gut visualisiert werden. Die Landnutzung wird in verschiedene Klassen unterteilt, die aufgrund ihrer farblichen Gestaltung eine gute Flächenabgrenzung bieten. Das GIS verfügt über vielfältige Möglichkeiten um sämtliche Veränderungen innerhalb der Flächen mit anderen Parametern aus topographischen Karten zu verschneiden. So besteht im Gegensatz zu einer reinen Bildbetrachtung, die Möglichkeit, aus verschiedenen Blickwinkeln vielfältige Informationen über ein Untersuchungsgebiet zu erheben. Um dieses Ziel zu erreichen ist es sehr wichtig, dass die Eingabeparameter für das GIS in möglichst guter Qualität vorliegen, damit auch die Datenausgabe und somit die Auswertung eine hohe Güte besitzt.

III. Lässt sich dieser Landschaftswandel mit Hilfe einer Bearbeitung in GIS quantifizieren?

Die Datenauswertung in GIS bietet ebenso wie die Visualisierung in GIS vielfältige Möglichkeiten, um Informationen eines Gebietes miteinander zu verschneiden. Die Auswertung der Flächendigitalisierung des Teileinzugsgebietes hat Daten hervorgebracht, die eine Quantifizierung des Landschaftswandels ermöglichen. Die Veränderung der Flächengrößen als auch die Veränderung des Anteils der einzelnen Nutzungsarten am Teileinzugsgebiet werden mit dem GIS ermittelt und können statistisch ausgewertet und graphisch dargestellt werden. Die Bewertung dieser Daten setzt jedoch eine Berücksichtigung der 2-dimensionalen Entzerrung der Luftbilder voraus.

Die Qualität der Ergebnisse wurde als gut empfunden. Sie bieten einen sehr guten Überblick über den Landschaftswandel im Untersuchungsgebiet, stellen aber bei den Flächenwerten in Hektar nur Näherungswerte dar.

IV. Lassen sich aus der GIS-Bearbeitung und einer stereoskopischen Auswertung der Luftbilder Bodenerosionsparameter ableiten?

Die Bearbeitung der Luftbilder im GIS bezüglich der Bodenerosionsparameter erbrachte eine Identifizierung der Hangneigung für das Einzugsgebiet und für die digitalisierten Flächen des Teileinzugsgebietes. So konnte aus diesen Daten in Verbindung mit anderen Parametern wie z. B. der Bodenart (Sand), die potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser bei Flächen mit einer Hangneigung größer 5° prognostiziert werden. Diese Flächen des Teileinzugsgebietes wurden in einer Karte visualisiert. In Verbindung mit der stereoskopischen Auswertung und der Überblickskartierung im Gelände wurden potenziell durch Wassererosion gefährdete Gebiete anhand von Beispielen ausgewiesen. Diese Identifizierung ist rein qualitativ erfolgt, da die Datenmengen des Hangneigungsrasters zu groß sind, um im GIS Tabellen zu generieren, aus denen Werte entnommen werden können. Aus der Verschneidung der einzelnen Parameter aus dem GIS und den stereoskopischen Auswertungen, in Kombination mit Informationen aus Überblickskartierung und über die naturräumliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes, können potenziell gefährdete Gebiete abgeleitet werden. Diese können als Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen zu Bodenerosion im Einzugsgebiet empfohlen werden.

# 8 Literaturverzeichnis

Albrecht, M. (in prep.): Die Sedimente des Mladotiçer Sees in West-Tschechien als Archiv der vor bis nachkommunistischen Umweltveränderungen. – PhD These.

Auerswald, Karl (1998): Bodenerosion durch Wasser. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt, S. 33 – 42.

Bajaja, V. (1975): Theoretische Grundlagen und praktische Entwicklung landwirtschaftlicher Betriebsgrößen in der Tschechoslowakei. Berlin.

Bergholz, C. (2003): Flächenhafte Bodenerosion im Einzugsgebiet der Bewer. In: Landnutzung und Landnutzungsentwicklung 44, S. 202 – 208, Berlin.

Bernsdorf, B. & Fander, M. (1998): Fernerkundung, GIS und GPS: Aktuelle Techniken in der Bodenerosionsforschung. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt, S. 122 - 136.

Bičíik, I. & Götz, A. & Jančák, V. & Jeleček, L. & Mejsnarová, L. & Štěpánek, V. (1996): Land Use/Land Cover Changes in the Czech Republic 1845 – 1995. In: Geografie – Sborník, ČGS 101, 2, S. 92 – 109. Praha.

Bork, H.-R. & Dalchow, C. & Faust, B. & Piorr, H.-P & Schatz, T. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Gotha & Stuttgart.

Bork, H.-R. & Beckedahl, H. R. & Dahlke, C. & Geldmacher, K. & Mieth, A. & Li Y. (2003): Die erdweite Explosion der Bodenerosionsraten im 20. Jh. In: Petermanns Geographische Mitteilungen 147, 3, S. 16 – 25. Gotha.

Breburda, J. & Richter, G. (1998): Kurze Geschichte der Bodenerosion und ihrer Erforschung in Mitteleuropa. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt, S. 21 – 29.

Bronstert, A. & Seiert, S. & Oberholzer, G. (1993): Maßnahmen der Flurbereinigung und ihre Wirkungen auf das Abflussverhalten ländlicher Gebiete. Schriftenreihe des

Landesamtes für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg, Heft 3, Kornwestheim.

Dietzel, H. & Diemann, R. & Jacobs, R. & Otto, R. (2000): Schlaggröße und Schlagform in Ackerbaugebieten der neuen Bundesländer. In: Z. f. Kulturtechnik und Landesentwicklung 41, S. 68 – 73, Berlin.

DIERCKE WELTATLAS (1996). Braunschweig.

Frielinghaus, M. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenerosion. In: Bodenbearbeitung und Bodenschutz, KTBL-Arbeitspapier 266, S. 31-55.

Frielinghaus, M. & Deumlich, D. (2006): Bodenerosion durch Wasser – Bericht aus Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. In: Bodenerosion durch Wasser. Bewertungsmethodik und Instrumente der deutschen Bundesländer. BVB-Materialien, Bd. 14, S. 41-51, Berlin.

Gerlinger, K. (1997): Erosionsprozesse auf Lößboden: Experimente und Modellierung. In: Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe, Heft 194, Karlsruhe.

Ginzler, Ch. & Bärtschi, H. & Bedolla, A. & Brassel, P. & Hägeli, M. & Hauser, M. & Kamphues, M. & Laranjeiro, L. & Mathys, L. & Uebersax, D. & Weber, E. & Wicki, P. & Zulliger, D. (2005): Luftbildinterpretation LFI3. Interpretationsanleitung zum dritten Landesforstinventar. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee u. Landschaft. Birmensdorf.

Gryschko, R. & Weickel, J. & Spies, E.-D. (2006): Bodenerosion durch Wasser – Bericht aus Rheinland Pfalz. In: Bodenerosion durch Wasser - Bewertungsmethodik und Instrumente der deutschen Bundesländer. BVB-Materialien, Bd. 14, S. 87-94, Berlin.

Gündra, H. & Jäger, S. & Schroeder, M & Dikau, R. (1995): Bodenerosionsatlas Baden-Württemberg. In: Agrarforschung in Baden-Württemberg, Bd. 24. Stuttgart.

Hudson, N. W. & Jackson, D. C. (1959): Results achieved in the measurement of erosion and runoff in Southern Rhodesia. In: Proceedings of the Third Inter-African Soils Conference, Dalaba, S. 575 – 583.

Jansky, B. (1976): Mladotické hrazené jezero – Geomorfologie sesuvných území. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, Roč. XI, č. 1, S. 3 – 18, Praha.

Jansky, B. (1976): Mladotické hrazené jezero – Morfografické a hydrografické poměry. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, Roč. XII, No. 1, S. 31 – 46, Praha.

Jansky, B. (1994): Der See Mladotickeé Jezero – Dynamik der Verlandung von Seen. In: Guhr, H. et al.: 6. Magdeburger Gewässerschutzseminar. Die Elbe im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie, Cuxhaven, S. 437 – 445.

Jansky, B. & Urbanova, H. (1994): Mlacotice Lake (Czech republic) – Siltation dynamics in the lake basin. In: Acta Universitatis Caroninae 1994 Geographica, Nr. 2, Prag, S. 95 – 109.

Jansky, B. u.a. (1999): Dynamika zanaseni Mladotickeho jezera a intenzita eroznich procesu v povodi. Praha.

Kastell, S. & Stüdemann, O. (1995): Zur Kartierung von on-site- und off-site-Erscheinungen der Bodenerosion durch Wasser. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 36, Berlin, S. 250 – 254.

Kuntze, H. & Roeschmann, G. & Schwerdtfeger, G. (1994): Bodenkunde. Stuttgart.

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) (2002): Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow.

Linke, W. (1996): Bodenerosion durch Abspülung. Münster.

Lipský, Zdeněk (1994): Zmena struktury Ceské venkovské krajiny (Landscape Structure Change of Czech Rural Landscape). In: Sborník České Geografické Společnosti, Nr. 4, Bd. 99, Prag.

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG) (Hrsg.) 2002): Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow.

Mathijs, E. & Swinnen, J. F. M. (Hrsg.) (1997): Agricultural Privatization, Land Reform and Farm Restructuring in Central Europe. Avebury.

Mendel, H.G. (2000): Elemente des Wasserkreislaufs – Eine kommentierte Bibliographie zur Abflussbildung. Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.). Analytica, Berlin.

Mikyška, R. u. Mitarb. d. Botanischen Institutes der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften (1968): Geobotanische Karte der Tschechoslowakei. 1. Böhmische Länder. In: Vegetace ČSSR, A 2

Morgan, R. P. C. (1999): Bodenerosion und Bodenerhaltung, Stuttgart.

Neuhäuslová, Zd. a Kolektiv (2001): Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky, Textová Část (Karte der potenziellen natürlichen Vegetation der tschechischen Republik, Begleittext). Prag.

Niesmann, K. (1966): Untersuchungen über Bodenerosion und Bodenerhaltung in Verbindung mit Flurbereinigung, Stuttgart.

Ratinger, T. & Rabinowicz, E. (1997): Changes in Farming Structures in the Czech Republic as a Result of Land Reform and Privatisation. In: Agricultural Privatization, Land Reform and Farm Restructuring in Central Europe, S. 80-99, Avebury.

Richter, G. (1998): Bodenerosion und Kulturlandschaft. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt, S. 83 – 94.

Roering, H.-W. (1999): Die Forstwirtschaft der Tschechischen Republik. Arbeitsbericht des Institus für Ökonomie der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 99/6, Hamburg.

Janský, B. & Kliment, Z. & Adamkova, K. & Stastna, G. (1999): Dynamika zanaseni Mldotického jezera a intenzita eroznich procesu v povodi. Prag, S. 24 – 29.

Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Berlin / Heidelberg.

Schlüter, A. (2001): Institutioneller Wandel und Transformation – Restitution, Transformation und Privatisierung in der tschechischen Landwirtschaft. Institutional Change in Agriculture and Natural Ressources, Vol. 3, Aachen.

Schmidt, J. (1998): Modellbildung und Prognose zur Wassererosion. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt, S. 137 - 151.

Schulte, A. & Albrecht, M. & Daut, G. & Wallner, J. & Jansky, B. & Van Geldern, R. (2006): Analyses and assessment of the sedimentary record of Lake Mladotice (western Czech Republic) in relation to flood events and pre- to postcommunist change in land use. In: Zeitschrift für Geomorphologie N. F., Suppl.-Bd. 142, S. 229 – 243.

Schwertmann, U. & Vogl, W. & Kainz, M. (1987 u. 1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Stuttgart.

Stekl, J. & Brazdil, R. & Kakos, V. & Jez, J. & Tolasz, R. & Sokol, Z. (2001): Extreme Daily Precipitation on the Territory of the Czech Republic in the Period 1879 – 2000 and ther Synoptic Causes. In: Narodnit klimaticky program CR, 31, Prag.

Thüringer Landesanstalt für Umwelt (TLfU) (1996): Vorsorge vor Bodenabtrag und Sanierung von Erosionsschäden. Tagungsband, Jena.

Tüxen, R. (1957): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. In: Ber. Deutsch. Landeskunde, 19, S. 200 – 246, Remagen.

Urban, R. (1964): Die Sudetendeutschen Gebiete nach 1945. Frankfurt am Main & Berlin.

Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978): Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning. Washington.

#### Kartenverzeichnis

Tschechischen Bodenkarte Blatt B-2 Plzeň im Maßstab 1:200.000, Prag, 1993.

Geobotanische Karte der ČSSR M-33-XIV Teplice im Maßstab 1:200.000, Prag, 1969.

Geologická Mapa ČR 1996 Blatt 12-13 Jeseniçe im Maßstab 1:50.000, Prag, 1996.

Geologická Mapa ČR 1996 Blatt 12-32 Plasy im Maßstab 1:50.000, Prag, 1996.

Topographischen Karten Blatt 12-133 Jeseniçe im Maßstab 1:25.000, 1990.

Topographischen Karten Blatt 12-311 Mladotiçe im Maßstab 1:25.000, 1990.

### Internetquellen

TSCHECHISCHES METEOROLOGISCHES INSTITUT (CHMU) (2005): Klimadaten Tschechien http://www.chmi.cz/meteo/ok/infklime.html (Zugriff 20.06.2006)

CZECH OFFICE FOR SURVEYING; MAPPING AND CADASTRE (2004): Landnutzung Tschechien http://www.cuzk.cz/ (Zugriff 20.06.2005)

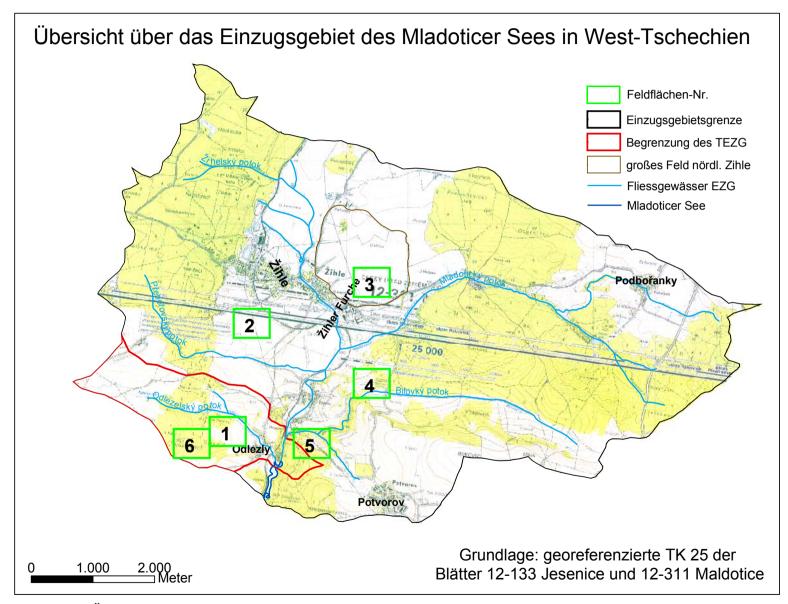


Abb. 72: Überblick über das Untersuchungsgebiet

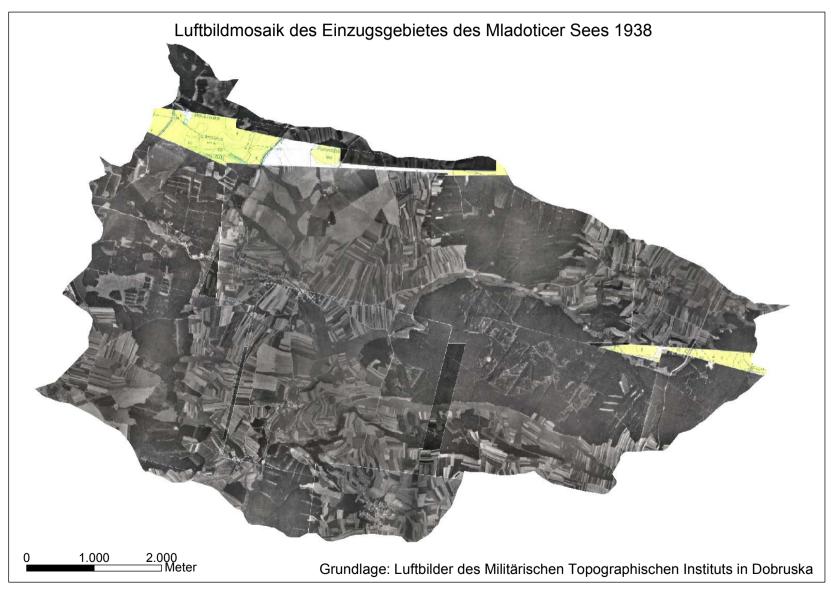


Abb. 73: Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1938

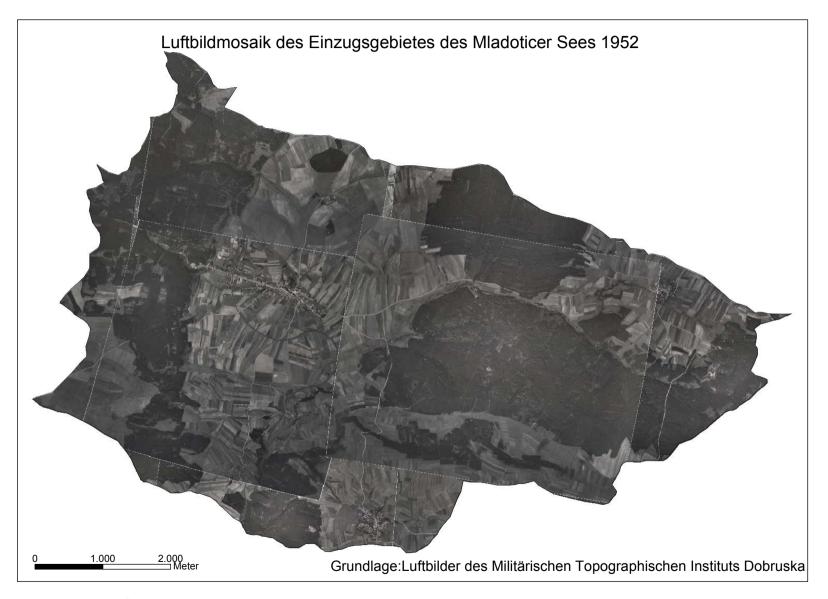


Abb. 74: Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1952

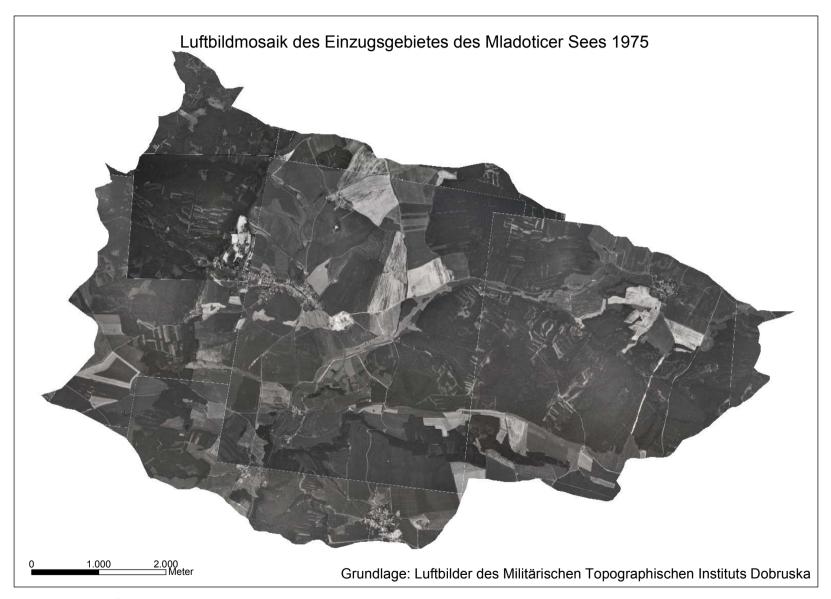


Abb. 75: Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1975

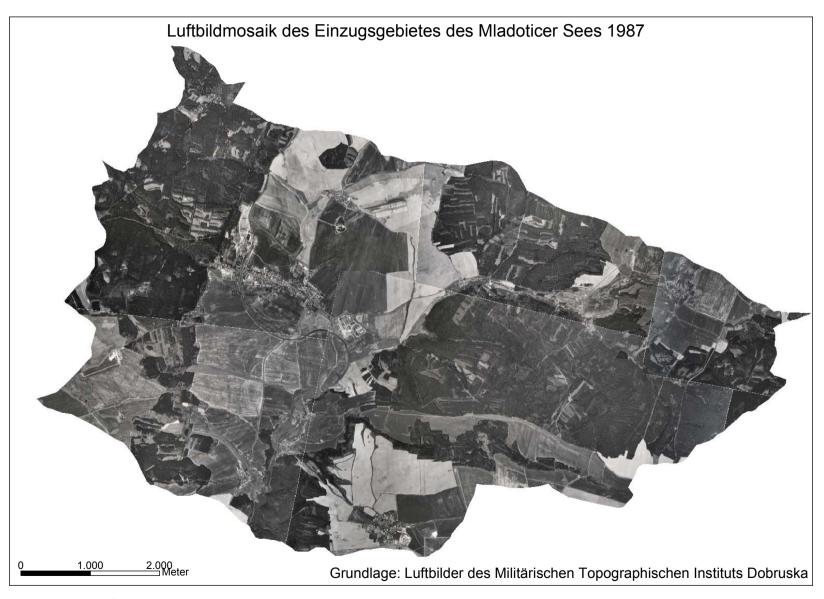


Abb. 76: Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1987

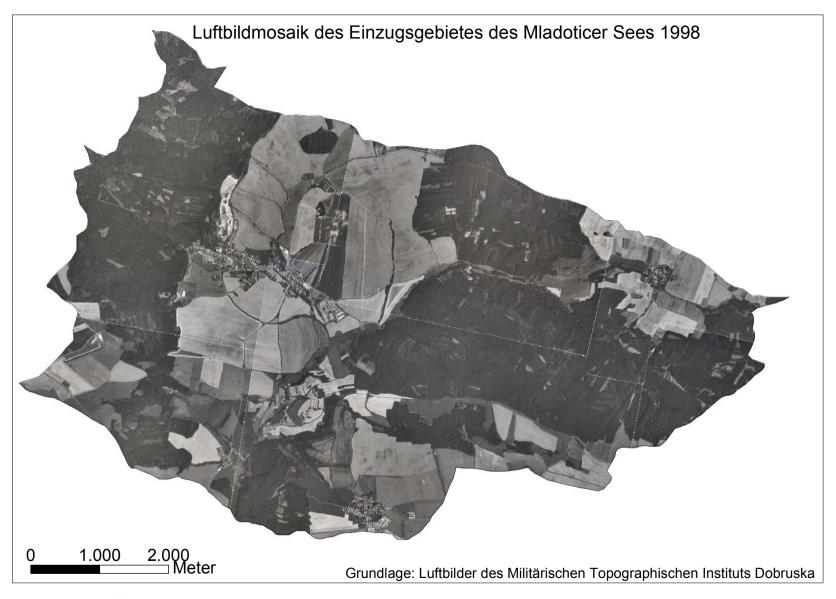


Abb. 77: Luftbildmosaik des Untersuchungsgebiets 1998