



INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG e.V.,
DRESDEN

Endbericht

zur

F&E-Studie

„Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken“

Dresden 2001

Aktenzeichen	13-8802.3525/29
Auftraggeber	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG), Dresden
Auftragnehmer	Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. (IÖR), Dresden

Bearbeiter:

Dr. Ulrich Walz (Projektleiter)
Dipl.-Geogr. Marco Neubert
Dipl.-Ing. oec. Ulrich Schumacher
Dipl.-Ing. Sabine Witschas
Dipl.-Ing. Anja Lange

Studentische Hilfskräfte:

Anja Hoffmann
Mirjam Kaiser
Thomas Schulz

Gliederung

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1 Zielstellung	6
2 Untersuchungsgebiete	6
3 Kartengrundlagen.....	7
3.1 Historische Entwicklung der kartographischen Grundlagen.....	8
3.1.1 Sächsische Meilenblätter (1:12 000)	8
3.1.2 Äquidistantenkarten (1:25 000)	14
3.1.3 Messtischblätter (1:25 000)	17
3.1.4 Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung.....	20
3.2 Naturschutzfachlich relevante Inhalte der Kartengrundlagen.....	22
4 Methodik und Bearbeitungsschritte	26
4.1 Methodisches Vorgehen.....	26
4.2 Datenaufbereitung.....	26
4.2.1 Meilenblätter	26
4.2.1.1 Blatt Riesa-Pausitz.....	27
4.2.1.2 Blatt Frauenstein	28
4.2.2 Äquidistantenkarten	29
4.2.3 Messtischblätter	29
4.2.4 CIR-Daten	30
4.3 Entwicklung einer Legende	30
4.4 Digitalisieren und Editieren der Zeitschnitte.....	30
4.4.1 CIR-Daten	31
4.4.2 Messtischblätter	31
4.4.3 Äquidistantenkarten	32
4.4.4 Meilenblätter	32
5 Auswertung der Zeitschnitte	32
5.1 Visuelle Auswertung.....	32
5.1.1 Blatt Riesa-Pausitz.....	33
5.1.2 Blatt Frauenstein	33
5.2 Statistische Auswertung	34
5.2.1 Blatt Riesa-Pausitz.....	34
5.2.2 Blatt Frauenstein	36
5.3 Veränderung ausgewählter Nutzungsarten	38
5.4 Strukturelle Auswertung	40
5.4.1 Parameter der Strukturdiversität.....	40

5.4.2	ArcView-Erweiterung „Patch Analyst“	42
5.4.3	Zusammenführung von Linien- und Flächengeometrie.....	43
5.4.4	Ausgewählte Indizes	44
5.5	Ausschnitt mit erhöhter Genauigkeit - Detailkarte Frauenstein	49
6	Arbeitsaufwand	51
6.1	Arbeitsaufwand für die bearbeiteten Testgebiete.....	51
6.2	Abschätzung des Aufwandes für eine Sachsen-weite Untersuchung	52
6.3	Vorschläge zur Aufwandsreduzierung	53
7	Schlussfolgerungen.....	54
8	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	56

Anhang

1	Überblicksdarstellung zur Kartengenese in Sachsen
2	Vergleichende Inhaltsübersicht der verwendeten historischen Kartenwerke (Legendenübersicht für Linien- und Flächenelemente)
3	Poster Entwicklung der Flächennutzung im Gebiet Riesa-Pausitz
4	Poster Entwicklung der Flächennutzung im Gebiet Frauenstein
5	Daten-CD

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage der Untersuchungsgebiete Riesa-Pausitz und Frauenstein in Sachsen sowie der verwendeten Kartengrundlagen	7
Abb. 2:	Hauptdreiecksnetz der Triangulation von ASTER	9
Abb. 3:	Blattschnitt und Gebietsabdeckung der Meilenblätter	11
Abb. 4:	Blattschnitt und Gebietsabdeckung der Äquidistantenkarten	15
Abb. 5:	Blattschnitt und Gebietsabdeckung der Messtischblätter	18
Abb. 6:	Lage der Meilenblätter im TK-Bezugssystem im Untersuchungsgebiet Riesa-Pausitz	27
Abb. 7:	Lage der Meilenblätter im TK-Bezugssystem im Untersuchungsgebiet Blatt Frauenstein	28
Abb. 8:	Versatz beim Zusammenfügen der Meilenblätter 279 und 299 des Blattes Frauenstein	28
Abb. 9:	Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Riesa-Pausitz	34
Abb. 10:	Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Riesa-Pausitz	35
Abb. 11:	Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Frauenstein	37
Abb. 12:	Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Frauenstein	38
Abb. 13:	Zuwächse und Verluste an Wald und Grünland in den Untersuchungsgebieten.	39
Abb. 14:	Menüpunkte „Patch“ und „PatchGrid“ der ArcView-Erweiterung „Patch Analyst“	42
Abb. 15:	Auswahlfenster der ArcView-Erweiterung „PatchAnalyst“	43
Abb. 16:	Entwicklung der Landschaftsstruktur im Gebiet Frauenstein	48
Abb. 17:	Entwicklung der Flächennutzung in der Detailkarte Frauenstein	50

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Verwendete Kartenwerke bzw. Datensätze und deren Quellen sowie Erstellungszeitpunkte	8
Tab. 2:	Maschenweite des Gitternetzes der verschiedenen Meilenblatt-Ausgaben	9
Tab. 3:	Übersicht über die in Sachsen existierenden Ausgaben der Meilenblätter.....	11
Tab. 4:	Datenblatt zum Sächsischen Meilenblatt (1 : 12 000).....	12
Tab. 5:	Übersicht über die ausgewerteten Meilenblätter: Blattdarstellung, Ausgabe, Zeitschnitt, Quelle	13
Tab. 6:	Datenblatt zu den Äquidistantenkarten (1 : 25 000).....	15
Tab. 7:	Übersicht über die ausgewerteten Äquidistantenkarten: Blattdarstellung, Zeitschnitt, Quelle	16
Tab. 8:	Datenblatt zu den Messtischblättern (1 : 25 000).....	18
Tab. 9:	Übersicht über die ausgewerteten Messtischblätter: Blattdarstellung, Zeitschnitt, Quelle	19
Tab. 10:	Datenblatt zu den CIR-Daten (1 : 25 000)	20
Tab. 11:	Übersicht über die ausgewerteten CIR-Daten: Blattdarstellung, Zeitschnitt, Quelle	21
Tab. 12:	Legendenvergleich Flächennutzung.....	23
Tab. 13:	Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter im Gebiet Riesa-Pausitz	27
Tab. 14:	Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter im Gebiet Frauenstein.....	29
Tab. 15:	Übersicht über die erfassten Linien- und Flächenelemente	30
Tab. 16:	Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Riesa-Pausitz	35
Tab. 17:	Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Riesa-Pausitz	36
Tab. 18:	Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Frauenstein.....	36
Tab. 19:	Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Frauenstein	37
Tab. 20:	Kreuztabelle zur Entwicklung ausgewählter Nutzungen im Blatt Frauenstein. .	40
Tab. 21:	Beispiele für Landschaftsstrukturparameter	41
Tab. 22:	Zuordnung von durchschnittlichen Breiten zu Linienelementen	44
Tab. 23:	Landschaftsstrukturmaße der ArcView-Erweiterung „PatchAnalyst“	45
Tab. 24:	Statistische Auswertungen zur Entwicklung der Landschaftsstruktur für das gesamte Blatt Frauenstein und das Beispiel Grünland	47
Tab. 25:	Flächennutzung der Detailkarte.....	49
Tab. 26:	Zeitbedarf für Vorarbeiten der bearbeiteten Beispielblätter.....	51
Tab. 27:	Zeitbedarf zum Digitalisieren bzw. Editieren/Kontrollieren der bearbeiteten Beispielblätter	52
Tab. 28:	Abschätzung des Aufwandes für eine Sachsen-weite Untersuchung	52
Tab. 29:	Vergleich des Arbeitsaufwandes unterschiedlicher Varianten.....	53

1 Zielstellung

Historische Landschaftsuntersuchungen besitzen unter verschiedenen Gesichtspunkten Bedeutung für die praktische Anwendung in Planungs- und Entwicklungsprozessen. Historische Bezüge der Kulturlandschaftsentwicklung (z.B. Flächennutzung, Landschaftsbild in der historischen Entwicklung) sind beispielsweise wichtig für die Leitbildentwicklung in der Landschaftsplanung. Aus den historischen Landnutzungsdaten lassen sich Informationen zur Bestimmung des Naturraumpotentials oder der Landschaftsfunktionen ableiten. Bastian & Schreiber (1994) gehen davon aus, dass die Kenntnis des Landschaftswandels „für einen sinnvollen Umgang mit Natur und Landschaft, und damit auch für die Landschaftsplanung, unabdingbar“ ist. Als grundlegender Bestandteil dafür ist die historische Landschaftsanalyse unverzichtbar, da sie wichtige Indizien für Naturschutz, Landschaftsschutz und Landschaftspflege liefern, wie zur Bewahrung der strukturellen und biologischen Diversität beigetragen werden kann.

Die F&E-Studie „Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen aus historischen Kartenwerken“ beinhaltet die Untersuchung von historischen Karteninformationen auf die Nutzbarkeit für die Analyse des Landschaftswandels. Dabei sollen moderne Methoden der geographischen Datenverarbeitung, insbesondere die GIS-Technologie auf Basis digitaler räumlicher Daten, Anwendung finden.

Die Ergebnisse der historischen Landschaftsuntersuchung sollten Aufschluss über die den Aufwand einer flächendeckenden Untersuchung für den Freistaat Sachsen geben sowie die Nutzbarkeit für Zwecke einer Biotopverbundplanung auf dieser Grundlage aufzeigen. Aufgrund dieser Anforderungen wird Wert auf eine maßstabsbedingt überblicksartige Analyse gelegt, wobei sich die zu untersuchenden Landnutzungsarten an deren Erkennbarkeit in historischen Karten orientieren sowie eine Optimierung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses angestrebt wird. Die Bewertung der Entwicklung von Flächennutzungs- und anderen Raumstrukturen soll das Ziel der Bearbeitung sein.

Im Rahmen eines Gespräches am 27. Oktober 2000 im LfUG zwischen Auftraggeber (LfUG) und Auftragnehmer (IÖR) wurden im Vorfeld der Bearbeitung wichtige Festlegungen zum F&E-Vorhaben geklärt (vgl. Protokoll vom 27.11.2000). Festgelegt wurden dabei die zu verwendenden Kartengrundlagen, die zu erfassenden Karteninhalte, die Auswertungsanforderungen sowie die Untersuchungsräume.

Aufbauend auf den Zwischenbericht des IÖR vom 21.12.2000 werden im Folgenden die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt.

2 Untersuchungsgebiete

Die zu bearbeitenden Beispielgebiete wurden vom LfUG entsprechend den Anforderungen an die F&E-Studie ausgewählt. Es handelt sich dabei um die Topographischen Karten (1:25.000) 4745 Riesa-Pausitz und 5147 Frauenstein, deren Blattschnitt für die Untersuchung relevant ist (siehe Abbildung 1).

Das Kartenblatt Riesa-Pausitz befindet sich in der stark agrarisch geprägten Lommatzscher Pflege und repräsentiert die damit einhergehenden großflächigen Nutzungsformen deutlich. Dagegen liegt das Beispielgebiet Blatt Frauenstein in den mittleren Lagen des Osterzgebirges, dessen kleinteilige Nutzung insbesondere durch das Relief des Gebietes beeinflusst wird.



Abb. 1: Lage der Untersuchungsgebiete Riesa-Pausitz und Frauenstein in Sachsen sowie der verwendeten Kartengrundlagen

3 Kartengrundlagen

Grundlage der Untersuchung waren – laut Absprache mit dem Auftraggeber – neben dem digitalen Datensatz der CIR-Biototypen- und Landnutzungskartierung drei historische Kartenblätter je Gebiet. Die verwendeten Karten und Daten wurden durch das LfUG zur Verfügung gestellt. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der verwendeten Kartenwerke bzw. Datensätze, ihre Quelle und den Zeitpunkt ihrer Erstellung.

Die analogen Karten wurden im IÖR zur weiteren Verarbeitung gescannt und georeferenziert. Die Datenbasis lag somit vollständig digital und in vergleichbaren Zeitschnitten vor. Eine Ausnahme bilden die Meilenblätter. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei den Meilenblättern Raum Riesa um die Große Kopie (Freiberger Exemplar nach 1821) und bei den Meilenblättern Raum Frauenstein um die Berliner Kopie (ca. 1785) handelt. Somit liegt ein Zeitraum von nahezu 50 Jahren zwischen den beiden verwendeten Meilenblättern, was die Vergleichbarkeit innerhalb dieses Zeitschnittes einschränkt.

Tab. 1: Verwendete Kartenwerke bzw. Datensätze und deren Quellen sowie Erstellungszeitpunkte

Kartenwerk bzw. Datensatz	Maßstab	Zeitschnitt (Quellenangabe)	
		Riesa-Pausitz (4745)	Frauenstein (5147)
CIR-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung	1:10 000	1992/93 (LfUG (digital))	1992/93 (LfUG (digital))
Messtischblatt	1:25 000	1904 (einz. Nachtr. 1932) (LVA (analog))	1910 (einz. Nachtr. 1937, Ausg. 1944) (LVA (analog))
Äquidistantenkarte	1:25 000	1872 – 1890 (LfUG (analog))	1872 – 1890 (LfUG (analog))
Meilenblatt	1:12 000	1821 – 1825 (LfA (digital))	1784/85 (LfUG (digital))

Die Recherche nach Sekundärliteratur zu den einzelnen Kartenwerken erbrachte wichtige Informationen u.a. zu jeweiligen Aufnahmeverfahren und Genauigkeiten, Genese und Karteninhalt. Parallel dazu erfolgte eine Suche nach Zeichenvorschriften sowie Zeichenerklärungen (insbes. im Sächsischen Hauptstaatsarchiv sowie der Sächsischen Landesbibliothek / Universitätsbibliothek).

3.1 Historische Entwicklung der kartographischen Grundlagen

Die Kartographie hat in Sachsen lange Traditionen. Bedeutende Kartenwerke auf der Basis von einfachen Vermessungen (z. B. mit Messschnur, Quadrant oder Busssole) entstanden im 16. Jahrhundert durch JOHANNES HUMELIUS, die Brüder GEORG und MATTHIAS ÖDER (sächsische Landtafel 1:13333) und zu Beginn des 18. Jahrhunderts durch ADAM FRIEDRICH ZÜRNER (Atlas Augusteus 1:125.000).

Die Entwicklung von Wissenschaft und Technik führte in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts in Frankreich zur Methode der Triangulation, die nun die Grundlage bildete für exakte topographische Landesaufnahmen – so auch in Sachsen.

3.1.1 Sächsische Meilenblätter (1:12 000)

Angeichts der schweren wirtschaftlichen Schäden, die der Siebenjährige Krieg (1756 bis 1763) in Sachsen verursacht hatte, verlangten Militär und Verwaltung nach einem modernen topographischen Landeskartenwerk. In der politischen Situation zur Zeit des bayrischen Erbfolgekrieges (1778/79) wurde die topographische Aufnahme des sächsisch-böhmischen Erzgebirges für das Militär besonders wichtig. Der vergleichsweise groß gewählte Aufnahmemaßstab 1:12 000 sollte die Karten auch für Straßen-, Wasser-, Bergbau und Verwaltung dienlich machen.

So begann das Ingenieurkorps der sächsischen Armee 1780 unter Leitung von Major FRIEDRICH LUDWIG **ASTER** eine militärisch-topographische Landesaufnahme. Diese „Astersche Landesaufnahme“ beruhte auf einer landesweiten **Triangulation**. Die Vermessungsbasis bildete eine doppelt gemessene Grundlinie auf der Ebenheit südwestlich von Pirna (ca. 4,2 km). Ausgehend von dieser Basis wurde ein Hauptnetz trigonometrischer Punkte 1. Ordnung und durch Verdichtung ein Netz trigonometrischer Punkte 2. Ordnung bestimmt (siehe Abbildung 2). Damit liegen durchschnittlich drei Festpunkte auf einem Kartenblatt. ZILL untersuchte 1953 die Genauigkeit des Messverfahrens. Die Lagefehler von Hauptpunkten betragen nach seinen Berechnungen oft über 100 m. Diese Mängel wirkten sich allerdings erst später störend aus, als das sächsische Netz mit ausländischen Netzen verknüpft werden sollte.

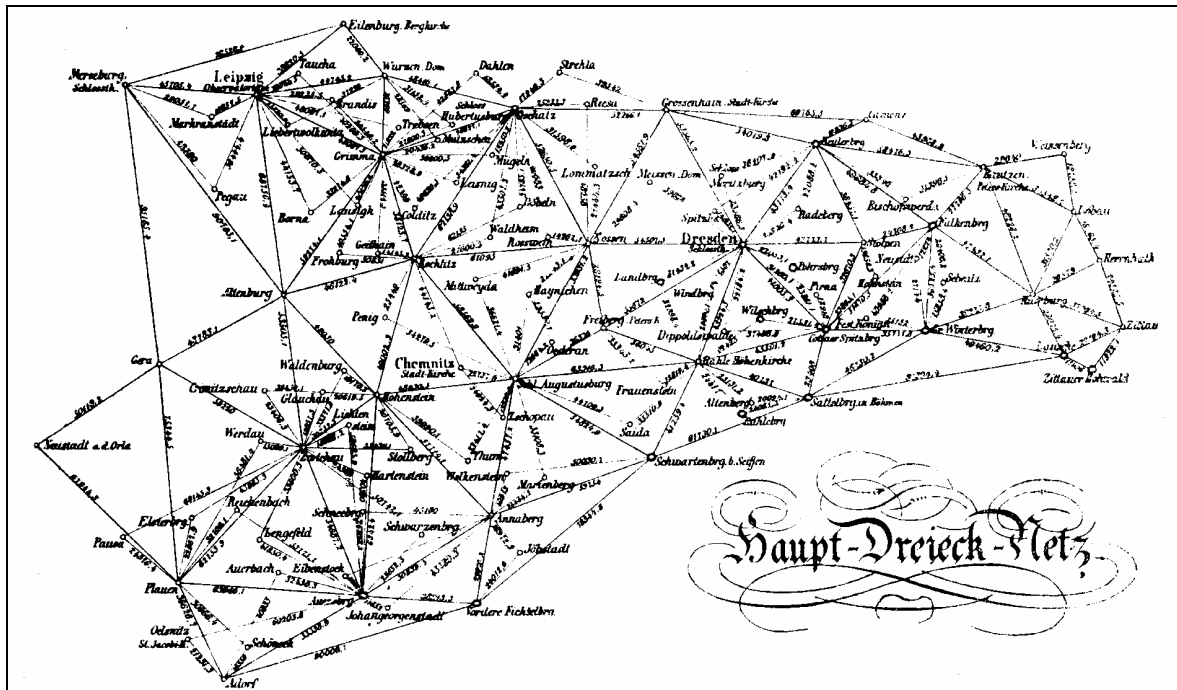


Abb. 2: Hauptdreiecksnetz der Triangulation von ASTER (STAMS, 1981)

Die topographische Aufnahme erfolgte direkt von der Basis aus, welche die seitliche Begrenzung der ersten beiden Aufnahmesektionen bildet. Das Kartenwerk ist daher nicht genordet, sondern um ca. 42° nach Westen verdreht. Jedes Blatt bildet auf einer Quadratelle (eine Elle entspricht ca. 56,6 cm) eine Quadratmeile ab (eine Meile entspricht 12 000 Dresdner Ellen = ca. 6,8 km). Der Maßstab beträgt somit 1:12000.

Bei der **Geländeaufnahme** wurden zunächst Viertelmeilenblätter angelegt. Auf dem Messtisch wurden dazu Blattbegrenzung, Festpunkte sowie ein Gitternetz zu Zeichenzwecken eingetragen und mittels Diopterlineal ein Netz von Standpunkten eingemessen. Topographische Einzelheiten wurden nach Einschnideverfahren von mehreren Standorten und abgeschrittener oder geschätzter Entfernung bestimmt. Der Großteil der Geländeobjekte wurde jedoch per Augenmaß kartiert und farbig in Tusche gezeichnet. Die Lagefehler betragen laut ZILL (1953) ± 13 m.

Der **Karteninhalt** zeigt das vollständige Wegenetz einschließlich der Feldwege und Fußsteige, hydrographisches Netz bis zu Bächen und Abzugsgräben, Waldungen, Wiesen, Hutungen und Teiche. Im Komplex der Ortschaften wird, soweit es der Maßstab erlaubt, jedes einzelne Haus mit dazugehörigem Hofraum und Garten dargestellt (NAGEL 1876, zitiert bei STAMS 1981). Landes- und Kreisgrenzen wurden aufgenommen, Amtsgrenzen erst im späteren Verlauf der Aufnahme. Rote Farblasur kennzeichnet die geschlossenen Bebauungsgebiete der großen Städte. Ortsverbindungsstraßen sind in brauner, große Wasserläufe in blauer Farbe dargestellt. Die übrige Zeichnung ist in schwarzer Tusche ausgeführt. Es gibt keine **Legende**, in der die Kartenzeichen erläutert werden. Das **Gitternetz** ist mit roter Tusche aufgetragen und hat unterschiedliche Maschenweite in den einzelnen Ausgaben (LAMBRECHT 1998, siehe Tabelle 2). Meist mitten im Kartenblatt weist ein Pfeil in die Richtung von magnetisch Nord.

Tab. 2: Maschenweite des Gitternetzes der verschiedenen Meilenblatt-Ausgaben

Ausgabe des Meilenblattes	Maschenweite des Gitternetzes
Dresden und Freiberg bis Juni 1821	1 Zoll – ca. 300 m (500 Ellen x 56,6 cm = 283,2 m)
Berlin	3 Zoll – ca. 850 m (1500 Ellen x 56,6 cm = 849,6 m)
Freiberg ab Juni 1821	7/5 Zoll – ca. 400 m (700 Ellen x 56,6 cm = 396,5 m)

Zu jedem Kartenblatt wurde eine **tabellarische Übersicht** („**Tabellarische Beilage zur topographischen Aufnahme**“) angefertigt. Sie beinhaltet eine Auflistung zur Ortschaft mit Kreis- und Amtszugehörigkeit, Einwohnern nach Berufsgruppen, besonderen Gebäuden und wasserbaulichen Anlagen. Außerdem werden vier Geländeelemente in einer Anmerkung verbal beschrieben:

- Straßen und Wege hinsichtlich Breite und Begehbarkeit,
- Berge und Höhen mit Namen und relativer Höhe zueinander,
- Gewässer mit Namen, Brücken und sonstigen Wasserbauten,
- Wälder hinsichtlich Eigentümern, Bestand, Kahlschlag und Anpflanzungen.

Die Beilagen stellen dank ihres sorgfältig erfassten Inhaltes, der in der Karte selbst nicht dargestellt werden kann, eine wertvolle Ergänzung des Kartenblattes dar. Nach LAMBRECHT (1998) liegen sie für 409 von 441 Meilenblättern vor (für Großstädte und Grenzgebiete ohne Ortschaften wurde keine Beilage erstellt).

Die im Gelände bearbeiteten Viertelblätter wurden nach Abschluss der Zeichenarbeiten zu einem Meilenblatt zusammengeklebt. Blattnummer und Topograph sind auf der Rückseite vermerkt. Diese Originalaufnahme, das sogenannte **Dresdner Exemplar**, verblieb im Topographischen Bureau des Ingenieur-Korps. Sie musste zwar nach der verlorenen Schlacht von Jena (1806) Frankreich überlassen werden, wurde jedoch vollständig zurückerstattet. Die 441 Blätter befinden sich heute im Sächsischen Hauptstaatsarchiv in Dresden (LAMBRECHT 1998).

In der Winterpause wurde von der Originalaufnahme eine farbige Kopie für den König Friedrich August erstellt. Diese sogenannten **Berliner Exemplare**, die auf der Festung Königstein verwahrt wurden, gingen durch Niederlagen des sächsischen Militärs im Krieg 1813 in preußischen Besitz über. Laut STAMS (1981) und VON ZANTHIER (1968) befindet sich diese Kopie nach jahrzehntelanger Aufbewahrung in Marburg nunmehr in der Bibliothek Preußischer Kulturbesitz in Berlin.

Für die Belange des sächsischen Bergbaus durften bereits 1787 von den ersten - streng geheim gehaltenen - Originalaufnahmen insgesamt 16 sogenannte **Revierkopien** für das Oberbergamt Freiberg angefertigt werden. Diese Blätter wurden zum Teil aus 3 bis 4 Meilenblättern zusammengezeichnet. Ihr Kartenbild ist wesentlich lichter gehalten und genordet.

Schließlich wurde 1819 eine vollständige Kopie, die sog. **Große Kopie**, der inzwischen laufendgehaltenen Meilenblätter im Blattschnitt des Originals für die Bergbehörde angeordnet (**Freiberger Exemplar**). 1821 wurde die Zeichnungsmanier geändert (graue Reliefdarstellung und stärkere Gruppierung der Baumsignaturen bei Wäldern), außerdem wurde der Gitternetzabstand auf 2 Lachter = ca. 400 m festgesetzt. Diese Karten kann man (als Makrofiche) in der Freiburger Außenstelle des Sächsischen Hauptstaatsarchivs einsehen.

Nach 1806 drängte Frankreich in seiner Siegerrolle auf beschleunigte Vermessungsarbeiten in Nordsachsen (Grenzgebiet Sachsen/Altenburg, Grafschaft Gera, Reußische Herrschaften). Wegen beschränkter Personalkapazitäten musste ein kleinerer Maßstab 1:28 500 gewählt werden. Es entstanden sogenannte Vier-Meilen-Blätter (**Campagne-Aufnahme** bzw. Komplementärkarten) (LAMBRECHT 1998).

Die z. T. stark verzweigte Kartengenese der untersuchten Kartenwerke ist in einer Übersicht zusammengestellt (siehe Anhang 1). Weiterhin zeigt Tabelle 3 eine zusätzliche Übersicht über die in Sachsen existierenden Ausgaben der Meilenblätter. Die Gebietsabdeckung der einzelnen Meilenblatt-Ausgaben ist in Abbildung 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Übersicht über die in Sachsen existierenden Ausgaben der Meilenblätter (nach STAMS 1981 und LAMBRECHT 1998)

Kurz-bez.	Aufn.-Jahr	Titel	Maßstab	Bearbeiter	Blattanzahl
OA	1780-1807, 1810	Meilenblatt (Original-Aufnahmeblatt)	1:12000	ASTER	371
eOA	1821-1825	Meilenblatt (Ergänzung der Original-Aufnahme)	1:12000	OBERREIT	70
KK	1781-1806	Meilenblatt (Kopie des Königs) Berliner Exemplar	1:12000	ASTER	370
RPI	1787-1801	Meilenblatt Oberbergamt Revierkopie	1:12000		16
	1803-1808	Campagne-Aufnahme	1:28500		46
GrK	1819-1834	Meilenblatt Große Kopie	1:12000	LOHRMANN	382
BAK	1819-1853	Meilenblatt Bergamtskopie	1:12000	Markscheider	174
VVK	1860-1864	Vereinfachte Meilenblattkopie	1:12000	WEINHOLD	348
eOA	1864/65	Meilenblatt (Ergänzung der Original-Aufnahme)	1:12000		5
ÄqK*	1872-1889	Äquidistantenkarte „Karte des Königreiches Sachsen“	1:25000	VOLLBORN	156 Sectionen

* Die Äquidistantenkarte ist zur Vollständigkeit und zur besseren Vergleichbarkeit der Zeitschnitte in diese Übersicht mit aufgenommen worden, da sie aus den Meilenblättern abgeleitet wurde.

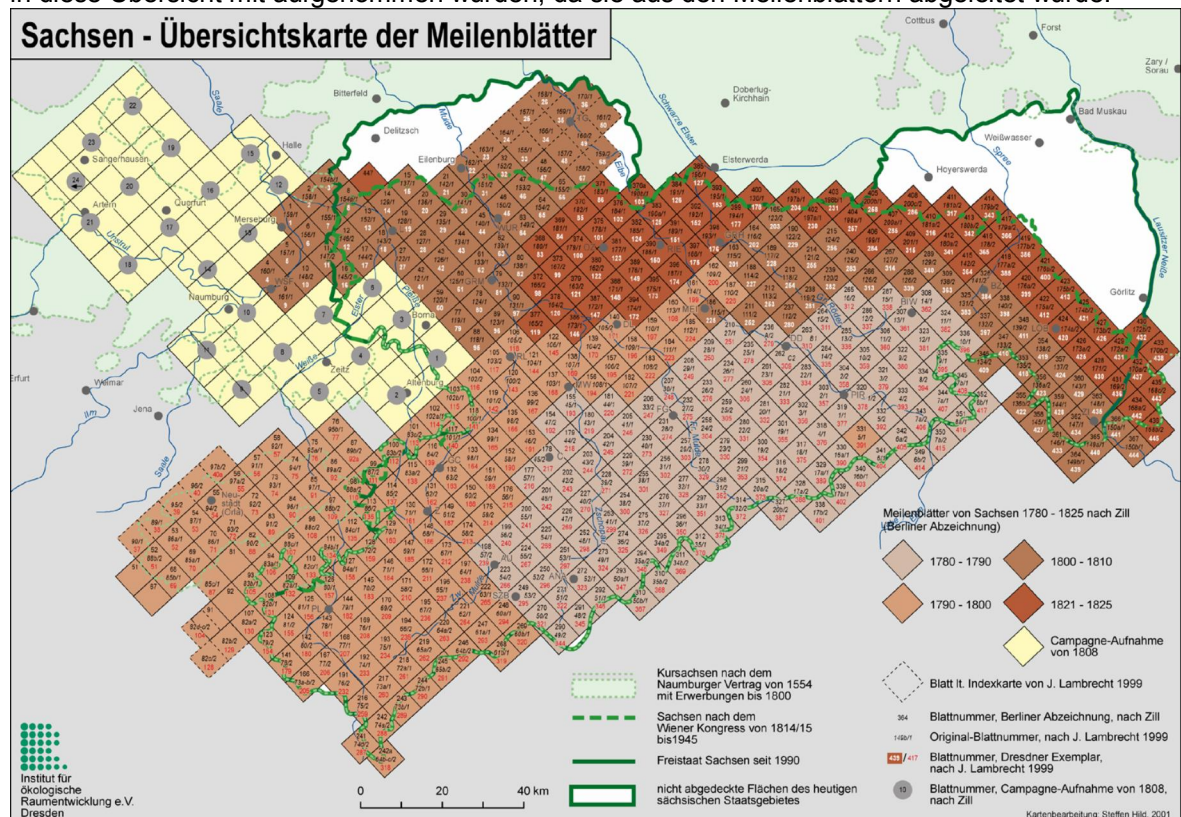






Abb. 3: Blattschnitt und Gebietsabdeckung der Meilenblätter

Tab. 4: Datenblatt zum Sächsischen Meilenblatt (1 : 12 000)

Allgemeine Informationen	Stand: 1780-1865 Maßstab: 1 : 12 000 (1 : 28 500 für Campagne-Aufnahme) Form: Zeichnung, (Kreuz-)Schraffen Blattanzahl: 441 Blätter (LAMBRECHT 1998)	
Projektion/ Genauigkeit	Keine Azimutbeobachtung, keine geographische Ortsbestimmung, Triangulation, nicht genordet (Blattorientierung), / mit wachsendem Abstand zur Basis (Pirna-Ebenheit) ungenau	
Legende ¹	Keine Legende, sondern selbsterklärende Kartenzeichen, verbale Erläuterungen in den „Beilagen zu den Sächsischen Meilenblättern“	
Zeichenvorschrift ²	keine	
Blattgröße	1 Quadratmeile (6,8 km x 6,8 km) auf 1 Quadratelle (56,6 cm x 56,6 cm)	
Erstreckung	siehe Abbildung 3, Niederlausitz und Delitzscher Land nicht abgedeckt	
Verfügbarkeit	Sächsisches Hauptstaatsarchiv Dresden (Dresdner Exemplar), Bibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin (vollständ. Berliner Exemplar, leider sind die Meilenblätter nicht per Online-Recherche nachweisbar), Sächsische Landesbibliothek/Universitätsbibliothek Dresden (vollst. Farbkopie Berliner Exemplar), Bergarchiv Freiberg – Außenstelle des Hauptstaatsarchivs (Große Kopie – farbige Kopien als Mikrofiches), Landesamt für Umwelt und Geologie (digit. Scanergebnisse Berliner Exemplar ³), Landesamt für Archäologie (digit. Scanergebnisse Freiburger Exemplar ⁴)	
Gitternetz- Maschenweite	Karte	Natur
	Dresdner Exemplar (und Freiburger Exemplar bis Juni 1821)	
	1 Zoll (= 2,36 cm)	= 500 Ellen (= 500 x ca. 56,6 cm = 28 300 cm = ca. 300 m)
	Berliner Exemplar	
	3 Zoll (= 7.08 cm)	= 1500 Ellen = 1 500 x ca. 56.6 cm = 84 900 cm = ca. 850 m)
	Freiberg ab Juni 1821:	
	7/5 Zoll (= 3,30 cm)	= 700 Ellen = 700 x ca. 56.6 cm = 39 620 cm = ca. 400 m)
Wichtige Maße	1 Meile = 12 000 Ellen 1 Dresdner Elle = ca. 56,6 cm = 2 Fuß = 24 Zoll 1 Zoll = 2.3599 cm (LAMBRECHT 1998) 1 Fuß = 12 Zoll 1 Lachter (1772) = 3,33 Dresdner Ellen = 198,23 cm 1 Lachter (per 28.04.1830) = 2 m Das metrische System war vor diesem Zeitpunkt in Sachsen noch nicht verbreitet.	

¹ Zeichenerklärung für den Kartenleser² Anweisung für den Topographen/Kartographen zur Auswahl, Klassifizierung und Darstellung der Kartenelemente³ lt. Gitternetz⁴ u.a. lt. Gitternetz

Tab. 5: Übersicht über die ausgewerteten Meilenblätter: Blattdarstellung, Ausgabe, Zeitschnitt, Quelle

Riesa-Pausitz	Frauenstein
	
<p>Mosaik der untersuchten Meilenblättern (genordnet) Blattnummer Berliner Abzeichnung Original-Blattnummer⁵ Blattnummer Dresdner Ausgabe⁵ Aufnahmejahr entsprechend der tab. Beilagen. (diese Karten zeigen Laufendhaltungen bis Mitte 19. Jh.)</p>	<p>Mosaik der untersuchten Meilenblättern (genordnet) Blattnummer Berliner Abzeichnung Original-Blattnummer⁵ Blattnummer Dresdner Ausgabe⁵ Aufnahmejahr entsprechend der tab. Beilagen.</p>
	
<p>Ausschnitt ca. 1 km x 1 km aus den untersuchten Meilenblättern Gitternetz-Maschenweite: ca. 400 m - Freiberger Exemplar 1820-1826 - (Quelle: Landesamt für Archäologie, digital)</p>	<p>Ausschnitt ca. 1 km x 1 km aus den untersuchten Meilenblättern (genordnet) Gitternetz-Maschenweite: ca. 850 m - Berliner Exemplar 1781-1806 - (Quelle: Landesamt für Umwelt und Geologie, digital)</p>

⁵ LAMBRECHT 1999

3.1.2 Äquidistantenkarten (1:25 000)

Zwischen 1819 und 1860 wurde der Inhalt der Meilenblätter auf den Maßstab von 1:57 600 reduziert. Ergebnis war der für öffentliche und militärische Zwecke bestimmte „Topographische Atlas von Sachsen“. Außerdem erschien 1863 eine Topographische Karte 1:100 000 des Königreiches Sachsen als Orts- bzw. als Terrainkarte. Mit der Gründung des Deutschen Reiches wurde ein einheitliches, hauptsächlich militärischen Zwecken dienendes Kartenwerk begonnen – die Karte des Deutschen Reiches 1:100 000 (Generalstabskarte), basierend auf einer topographischen Neuaufnahme bzw. Revision. Wirtschaft und Wissenschaft in Sachsen, besonders die Geologie, verlangten jedoch nach einem Kartenwerk in einem größeren Maßstab. Mit Rücksicht auf die in Preußen entstehenden Messtischblätter wurde der Maßstab von 1:25 000 gewählt. Anstelle der Lehmannschen Bergschraffen sollte in der Karte Raum sein für die fachlichen Spezialeintragungen der detaillierten geologischen Landesaufnahme. 1872 bis 1890 entstand so unter Leitung von Oberst VOLLBORN die Karte mit den gleichabständigen Höhenschichten, die **Äquidistantenkarte des Königreiches Sachsen 1:25 000**.

Grundlage für diese Karte bildeten im Wesentlichen die sächsischen Meilenblätter. Für die Randgebiete wurden Karten des österreichischen Militärinstituts, preußische Messtischblätter oder topographische Neuaufnahmen verwendet. Alle Unterlagen wurden durch Messtischaufnahmen (z. B. Ergänzungsmessungen der Amtsgrenzen) bzw. durch die Verwendung von Zusatzmaterial (Forstkarten für Wälder, Flurkarten für Ortslagen) aktualisiert.

Mit Hilfe gemessener Höhenpunkte wurden aus den Bergschraffen Höhenlinien (10m-Abstand) konstruiert. Dies geschah häuslich (und nicht angesichts des Geländes), was einige Mängel bei der Wiedergabe der Reliefformen bewirkte (TREITSCHKE 1921). Als Basis für die Nivellements wird die Ostsee angegeben. Ergebnisse der zeitgleich laufenden europäischen Gradmessung bzw. der internationalen Erdmessung wie auch die Resultate der neuen sächsischen Triangulation durch Prof. CHRISTIAN AUGUST NAGEL wurden wegen des Zeitdrucks nicht abgewartet.

Die topographischen Originale wurden photographisch auf den Endmaßstab verkleinert und zu Gradabteilungskarten in Polyederprojektion zusammengestellt.

Die Karte erschien in zwei Ausgaben: mit Schummerung und ohne. Vegetation und Schrift wurden in Kupfer gestochen und schwarz wiedergegeben; Hydrographie und Höhenlinien (Schummerung in Kreidemanier) wurden als Lithographie hergestellt und in Blau bzw. Braun gedruckt.

Das Kartenbild wird als sehr ästhetisch, übersichtlich und anschaulich bewertet. Sofort nach ihrer Fertigstellung erfolgte die geologische Detailaufnahme.

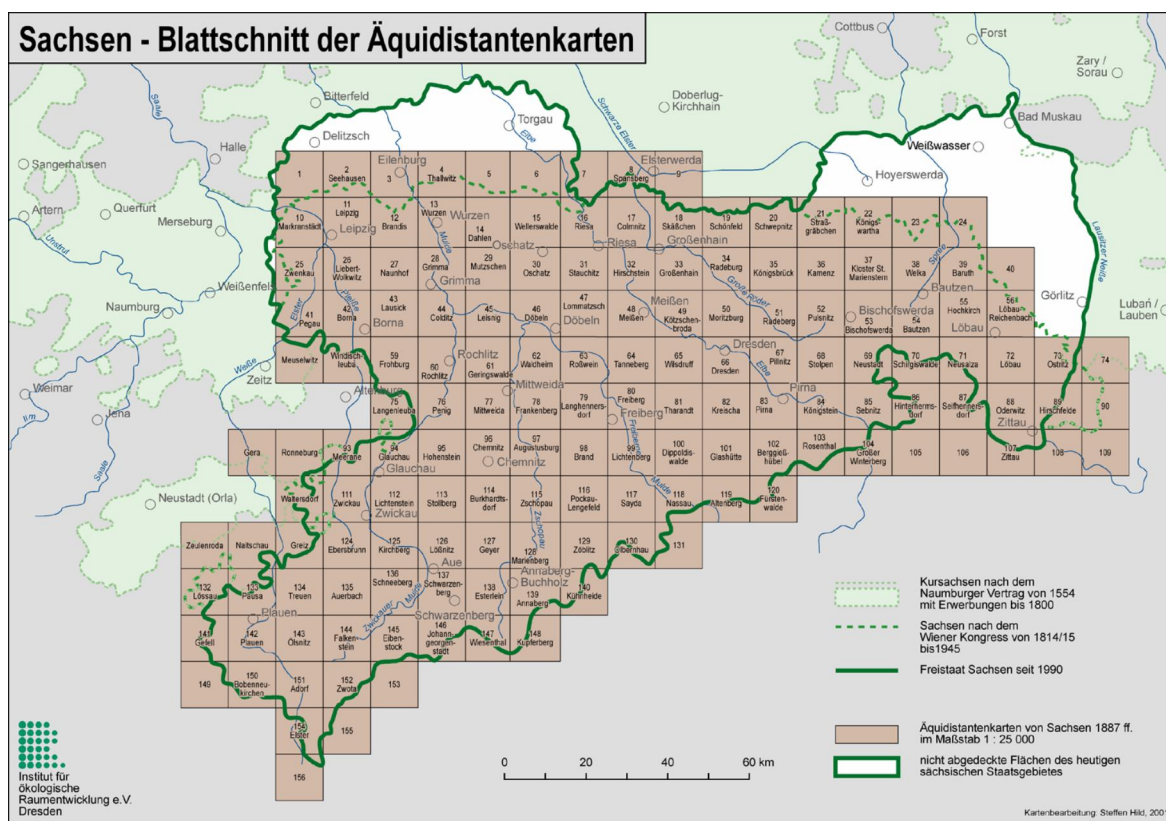


Abb. 4: Blattschnitt und Gebietsabdeckung der Äquidistantenkarten

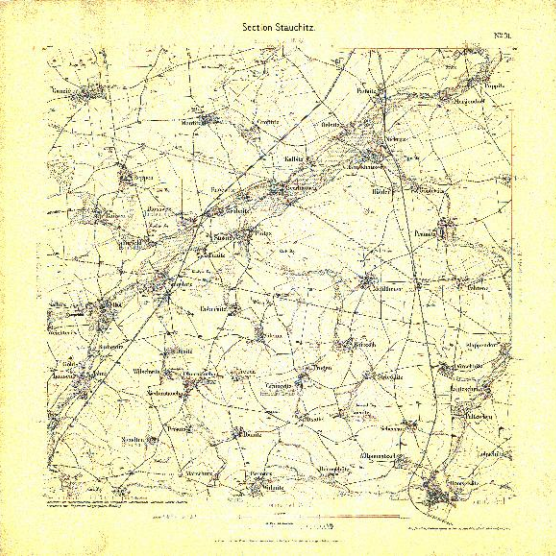

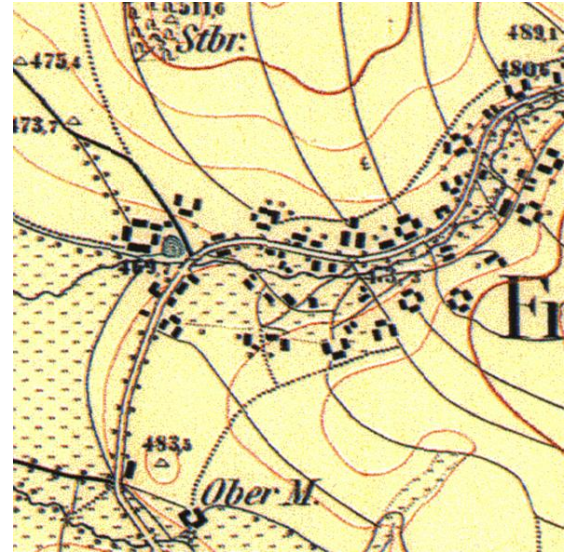
Tab. 6: Datenblatt zu den Äquidistantenkarten (1 : 25 000)

Allgemeine Informationen	Stand: 1872-1890 Maßstab: 1 : 25 000 Form: Kupferstich, Lithographie, Höhenlinien Blattanzahl: 156 Blätter (Sectionen)
Projektion/ Genauigkeit	Projektion nach De l'Isle (Polyederprojektion), Nullmeridian ist Ferro (+17°39'46" w.L. bzgl. Greenwich)
Legende ⁶	keine Legende, „bewährte sächsische Kartenzeichen“ (TREITSCHKE 1921)
Zeichenvorschrift ⁷	keine
Blattgröße	Paralleltapez, 10 Minuten Länge und 6 Minuten Breite auf 46 cm x 44 cm
Erstreckung	siehe Abbildung 4, 50° 6' bis 51° 30' n. Br. und 29° 30' bis 32° 50' ö.L. (14 Gürtel mit 156 Sectionen), Niederlausitz bis Görlitz sowie Delitzsch- Torgau nicht abgedeckt
Verfügbarkeit	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (analoge Karten)

⁶ Zeichenerklärung für den Kartenleser

⁷ Anweisung für den Topographen/Kartographen zur Auswahl, Klassifizierung und Darstellung der Kartenelemente

Tab. 7: Übersicht über die ausgewerteten Äquidistantenkarten: Blattdarstellung, Zeitschnitt, Quelle

Riesa-Pausitz	Frauenstein
 <p>Gesamtansicht Kartenblatt der Äquidistantenkarte 1 : 25 000 Section Stauchitz No. 31</p>	 <p>Gesamtansicht Kartenblatt der Äquidistantenkarte 1 : 25 000 Section Dippoldiswalde No. 100</p>
 <p>Ausschnitt ca. 1 km x 1 km Kartenblatt der Äquidistantenkarte 1 : 25 000 Section Stauchitz No. 31 - ca. 1880 - (Quelle: Landesamt für Umwelt und Geologie, analog)</p>	 <p>Ausschnitt ca. 1 km x 1 km Kartenblatt der Äquidistantenkarte 1 : 25 000 Section Dippoldiswalde No. 100 - ca. 1880 - (Quelle: Landesamt für Umwelt und Geologie, analog)</p>

3.1.3 Messtischblätter (1:25 000)

Die Ergebnisse der Europäischen Gradmessung, der sehr exakten Neutriangulation Sachsens 1867 bis 1886 durch CHRISTIAN AUGUST NAGEL und die der neuen Nivellements konnten nicht mehr nachträglich in die Äquidistantenkarten eingetragen werden. 1900 begann deshalb in Sachsen eine topographische Neuaufnahme 1:25 000.

Für jedes Messtischblatt wurden etwa 22 Standpunkte mit Koordinaten und Höhenwert festgelegt. Aus den mittlerweile durch das Landesvermessungsamt erstellten Katasterkarten konnten mit Pantographen Ortslagen, Wegenetz und andere Details übertragen werden. Die Geländeaufnahme erfolgte mit Messtisch und Kippregel. Grundriss- und Reliefaufnahme fanden angesichts des Geländes statt. Bei der Konstruktion der Höhenlinien wurden diesmal besonderer Wert auf Charakteristik der Geomorphologie gelegt. Unter der Leitung des Majors VON CARLOWITZ wurden Vorschriften und Musterblätter des preußischen Generalstabes angewandt. Diese preußische Legende ersetzte nunmehr die alten, einfachen sächsischen Signaturen, „obwohl sie den Gegebenheiten des industriellen Sachsens nur bedingt entsprach“ (TREITSCHKE, 1921). Abweichend vom preußischen Vorbild erschienen **die Sächsischen Messtischblätter 1:25 000** in Kupferstich (Grundriss und Schrift) und wurden in drei Farben gedruckt (schwarz, blau, braun).

Die topographischen Aufnahmen waren 1921 abgeschlossen, die kartographischen Arbeiten 1924. Es erschienen insgesamt 156 Messtischblätter Sachsens. Jedes Messtischblatt wurde mindestens alle 15 Jahre eingehend berichtigt – teilweise durch Nachträge, teilweise durch Neuaufnahmen.

Blattschnitt und Blatteinteilung entsprechen ungefähr denen der Äquidistantenkarten. Die Blattränder sind jedoch – entsprechend den neuen geodätischen Grundlagen und wegen der Versetzung des Nullmeridians von Ferro (20° westlich von Paris) zur Londoner Sternwarte Greenwich – um einige Millimeter verschoben (dies bedeutet eine Randverschiebung um etwa 300 m W/100 m N in der Natur).

Später wurde das Gauß-Krüger-Koordinaten-Netz als einheitliches Meldegitter für das Reichswehrministerium und die Nadelabweichung für den einwandfreien Gebrauch des Kompasses ergänzt.

Der Karteninhalt wird in den sächsischen Messtischblättern in drei Farben dargestellt: Grundriss in Schwarz, Gewässer in Blau, Höhenlinien in Braun. Die Zeichenerklärung auf dem Blattrand und auch die Zeichenvorschriften weisen nach einheitlichen Richtlinien ausgewählte und klassifizierte Geländeobjekte mit den vereinbarten Zeichen aus.

Die Messtischblätter fanden Verwendung bis weit in das 20. Jahrhundert hinein, heute werden sie als historische Karten vom Landesvermessungsamt Sachsen vertrieben.

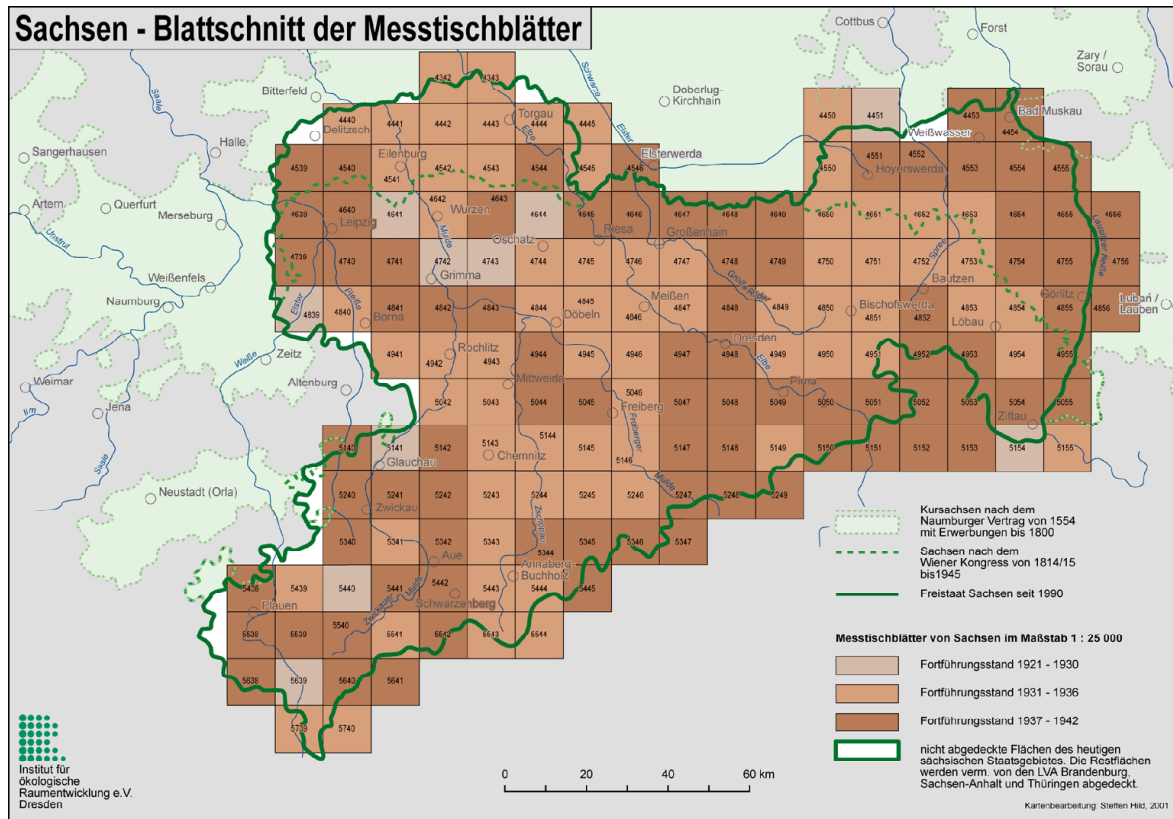



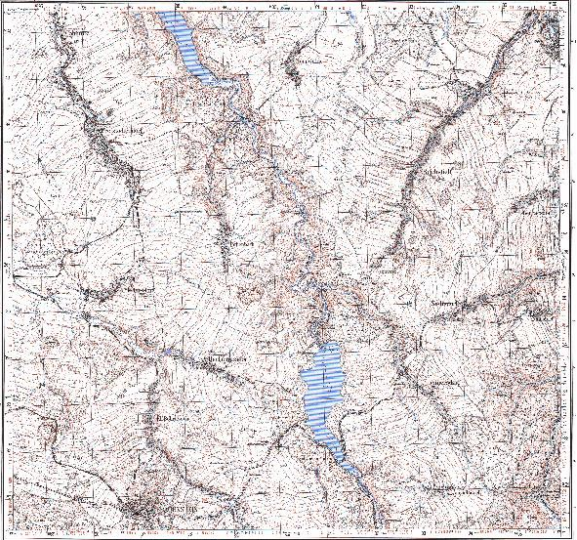
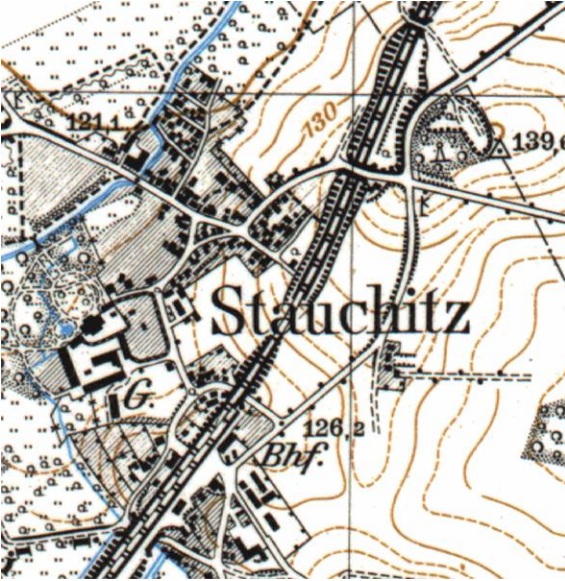
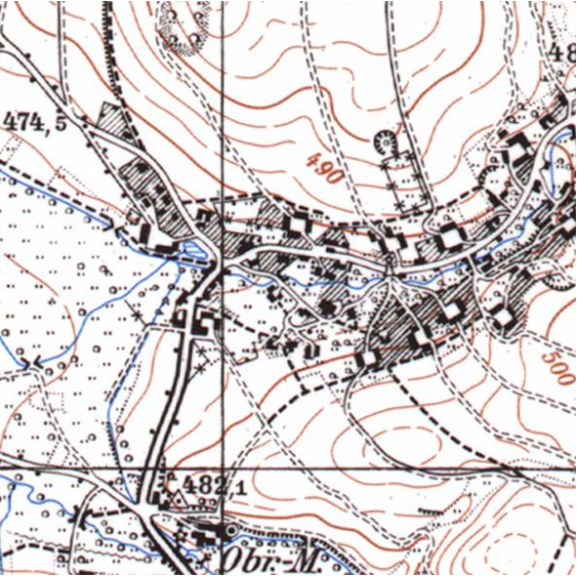
Abb. 5: Blattschnitt und Gebietsabdeckung der Messtischblätter

Tab. 8: Datenblatt zu den Messtischblättern (1 : 25 000)

Allgemeine Informationen	Aufnahme: 1900-1924 Maßstab: 1 : 25 000 Form: Messtischaufnahme (Grundriss und Höhenlinien), Kupferstich, Lithographie Blattanzahl: 156 Blätter
Projektion	Preußische Polyederprojektion, ab 1921 – ohne Veränderung des Karteninhaltes – Umstellung auf Gauß-Krüger-Zylinderprojektion in 3°-Streifen: 12. u. 15. Meridian, Bessel-Ellipsoid, Gitternetz Maschenweite 1 km
Legende ⁸	auf jedem Kartenblatt
Zeichenvorschrift ⁹	z. B. „Musterblatt für die Topographische Karte 1 : 25 000, Topographische und kartographische Arbeiten“ Reichsamt für Landesaufnahme Berlin 1939 (51 Seiten Text zur Auswahl, Klassifizierung und Darstellung von Kartenelementen, 2 Musterkarten)
Blattgröße	Paralleltapez, 10 Minuten Länge x 6 Minuten Breite auf 44,4 cm x 46,5 cm
Erstreckung	siehe Abbildung 5, prinzipiell ganz Sachsen abgedeckt
Verfügbarkeit	Vertrieb durch das Landesvermessungsamt Sachsen (analoge Karten), auch Kartensammlung der SLUB

⁸ Zeichenerklärung für den Kartenleser⁹ Anweisung für den Topographen/Kartographen zur Auswahl, Klassifizierung und Darstellung der Kartenelemente

Tab. 9: Übersicht über die ausgewerteten Messtischblätter: Blattdarstellung, Zeitschnitt, Quelle

Riesa-Pausitz	Frauenstein
 <p data-bbox="309 835 691 925">Gesamtansicht des Messtischblattes 1 : 25 000 No. 4745</p>	 <p data-bbox="895 835 1276 925">Gesamtansicht des Messtischblattes 1 : 25 000 No. 5147</p>
 <p data-bbox="248 1525 751 1691">Ausschnitt ca. 1 km x 1 km des Messtischblattes 1 : 25 000 No. 4745 - 1904 (1932) - (Quelle: Landesvermessungsamt, analog)</p>	 <p data-bbox="836 1525 1340 1691">Ausschnitt ca. 1 km x 1 km des Messtischblattes 1 : 25 000 No. 5147 - 1910 (1937) - (Quelle: Landesvermessungsamt, analog)</p>

3.1.4 Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung

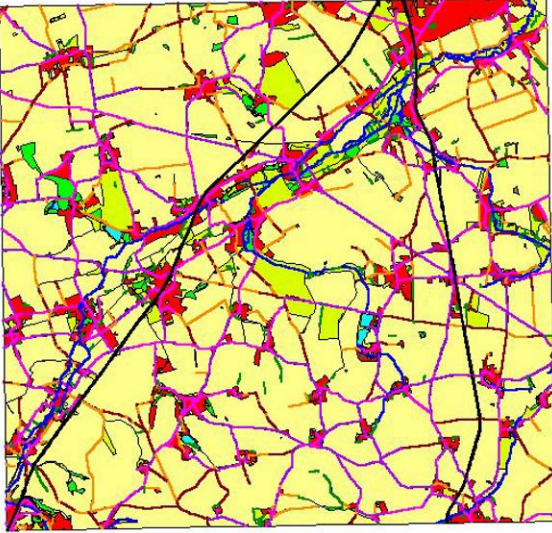
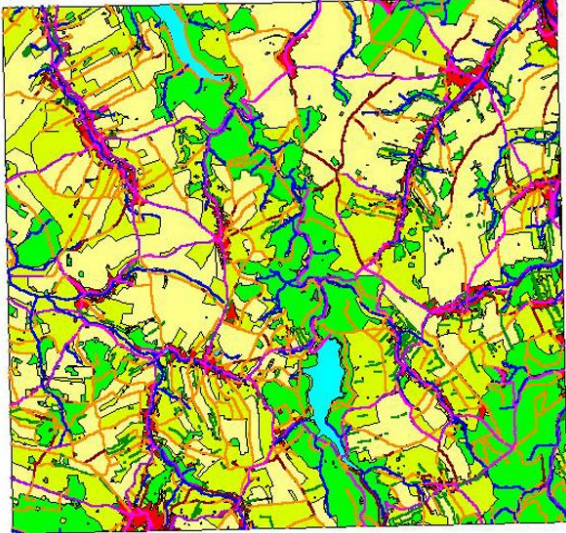
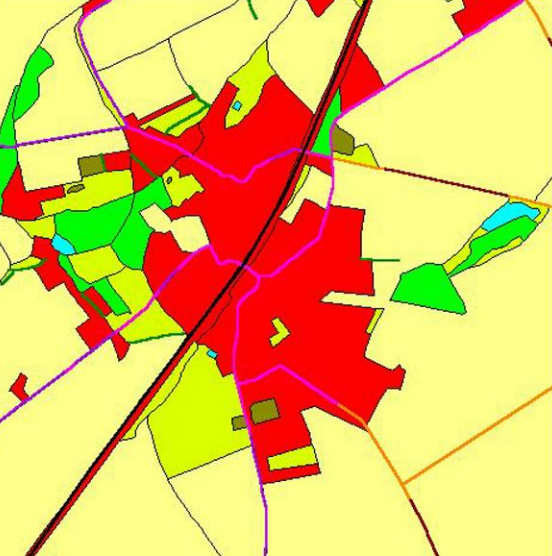

Die Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung (nachfolgend CIR-Daten genannt) liegt flächendeckend für den Freistaat Sachsen vor. Sie wird vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie herausgegeben und widerspiegelt den Ist-Zustand der Landschaftsausstattung der Jahre 1992 und 1993, der durch Luftbilder erhoben wurde. Die Daten enthalten Polygon-, Linien- und Punktoobjekte. Die Datenaufnahme erfolgte im Maßstab von 1 : 10 000, womit die Daten über eine sehr hohe Detailschärfe verfügen. Über die weiteren technischen Spezifikationen sowie den Kartierschlüssel der Daten informiert z.B. die CD „Color-Infrarot-(CIR)-Biotoptypen- und Landnutzungskartierung“ (LFUG 2000).

Die CIR-Daten wurden als jüngster Zeitschnitt der Untersuchung herangezogen. Außerdem dienten sie im Rahmen der Bearbeitung als Ausgangszeitchnitt für die rückwärtige Anpassung der Daten an die genutzten historischen Kartenblätter. Ausschlaggebend hierfür war die hohe geometrische Lagegenauigkeit der Daten sowie das Vorliegen als digitaler Datensatz, womit die aufwendige Digitalisierung dieses Zeitschnittes entfällt.

Tab. 10: Datenblatt zu den CIR-Daten (1 : 25 000)

Allgemeine Informationen	Stand: 1992/93 Aufnahmemaßstab: 1:10 000 Form: Digitaler Datensatz Datenformat: ArcInfo-Coverage, E00-ArcInfo-Austauschformat
Projektion	Gauß-Krüger (3°-Streifen: 12. u. 15.), Bessel-Ellipsoid
Legende	Attribute: Biotoptyp, Ausprägung, Nutzung, Sekundärnutzung, Anzahl, Lage, Größe, Struktur und räumliche Einbindung Nutzungsarten: Gewässer, Moore, Grünland, Rasen/Fluren/Zwergstrauchheiden, Baumgruppen, Wald, Acker, Siedlung
Zeichenvorschrift	LFUG (1993), BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1995)
Blattgröße	TK 10 Blattschnitt
Erstreckung	Sachsen, landesweit
Verfügbarkeit	Vertrieb durch das Sächsische Landesamt für Umwelt und Geologie

Tab. 11: Übersicht über die ausgewerteten CIR-Daten: Blattdarstellung, Zeitschnitt, Quelle

Riesa-Pausitz	Frauenstein		
 <p>Gesamtansicht der CIR-Daten mit entsprechender Legende im Blattschnitt der TK 1:25, Blatt-Nr. 4745</p>	 <p>Gesamtansicht der CIR-Daten mit entsprechender Legende im Blattschnitt der TK 1:25, Blatt-Nr. 5147</p>		
<p>Legende für CIR-Daten Linien bzw. Flächen</p> <table border="0"> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> 21 - Gewässer 23 - Gräben 60 - Linienhaftes Gehölz 62 - Baumreihe am Weg 63 - Straße / Allee 91 - Straße 92 - Weg 93 - Bahnstrecke </td><td> <ul style="list-style-type: none"> 21 - Fließgewässer 23 - Stillgewässer 30 - Moor 40 - Grünland, Ruderalflur (einschl. gewässerbegl. Vegetation) 51 - Fels, Blockschutthalde, offene Fläche 53 - Lesesteinhaufen, offener Steinrücken 55 - Zwergstrauchheide, Magerrasen 60 - Baumgruppe, Hecke, Gebüsch 70 - Wald und Forst 81 - Acker 82 - Weinbau 90 - Siedlungs- und Verkehrsfläche (einschl. Bauwerk am Gewässer) </td></tr> </table>		<ul style="list-style-type: none"> 21 - Gewässer 23 - Gräben 60 - Linienhaftes Gehölz 62 - Baumreihe am Weg 63 - Straße / Allee 91 - Straße 92 - Weg 93 - Bahnstrecke 	<ul style="list-style-type: none"> 21 - Fließgewässer 23 - Stillgewässer 30 - Moor 40 - Grünland, Ruderalflur (einschl. gewässerbegl. Vegetation) 51 - Fels, Blockschutthalde, offene Fläche 53 - Lesesteinhaufen, offener Steinrücken 55 - Zwergstrauchheide, Magerrasen 60 - Baumgruppe, Hecke, Gebüsch 70 - Wald und Forst 81 - Acker 82 - Weinbau 90 - Siedlungs- und Verkehrsfläche (einschl. Bauwerk am Gewässer)
<ul style="list-style-type: none"> 21 - Gewässer 23 - Gräben 60 - Linienhaftes Gehölz 62 - Baumreihe am Weg 63 - Straße / Allee 91 - Straße 92 - Weg 93 - Bahnstrecke 	<ul style="list-style-type: none"> 21 - Fließgewässer 23 - Stillgewässer 30 - Moor 40 - Grünland, Ruderalflur (einschl. gewässerbegl. Vegetation) 51 - Fels, Blockschutthalde, offene Fläche 53 - Lesesteinhaufen, offener Steinrücken 55 - Zwergstrauchheide, Magerrasen 60 - Baumgruppe, Hecke, Gebüsch 70 - Wald und Forst 81 - Acker 82 - Weinbau 90 - Siedlungs- und Verkehrsfläche (einschl. Bauwerk am Gewässer) 		
 <p>Ausschnitt aus den CIR-Daten - 1992/93 - (Quelle: Landesamt für Umwelt und Geologie, digital)</p>	 <p>Ausschnitt aus den CIR-Daten - 1992/93 - (Quelle: Landesamt für Umwelt und Geologie, digital)</p>		

3.2 *Naturschutzfachlich relevante Inhalte der Kartengrundlagen*

„Für landschaftshistorische Rekonstruktionen der letzten 100 Jahre ist die topographische Karte wohl das einzige systematisch erhobene Dokument. Allerdings ist ihr Generalisierungsgrad hoch und landschaftsökologisch wichtige Kleinstrukturen wurden und werden oft nicht aufgenommen. Eine weitere Schwierigkeit bei der Auswertung historischer Karten sind die drastisch veränderten technischen Möglichkeiten der Kartenherstellung sowie die sich z.T. ändernden Klassifizierungskriterien“ (KIENAST, FRANK, LEU 1991, S. 11).

Aus der Verwendung älteren Kartenmaterials ergaben sich einige Komplikationen, die mit den Legenden der Karten in Zusammenhang stehen. So existieren zu alten Kartenblättern häufig keine Legenden oder Zeichenvorschriften, so dass die in den Karten enthaltenen Signaturen interpretiert werden müssen. Weiterhin war ein Vergleich der vorhandenen Legenden notwendig um herauszufinden, inwieweit die unterschiedlichen Flächeninformationen in aktuellen und historischen Karten übereinstimmen bzw. vergleichbar sind. Problematisch sind dabei Signaturen, wie etwa für Streuobst bzw. Gehölz, die meist im Kartenbild nicht unterschieden werden können. Weitere Probleme liegen in der Darstellung von Grenzverläufen von Nutzungsarten, die auf alten Karten teilweise fließend oder undefiniert zwischen Signaturübergängen verlaufen. So ist die Differenzierung von Laub- und Nadelwald häufig schwer möglich, da die Übergänge meist nicht gekennzeichnet sind. Deshalb wurden solche Klassen bei der Bearbeitung zusammengefasst dargestellt.

Die folgenden Ausführungen beschreiben die Erkennbarkeit der unterschiedlichen, naturschutzfachlich relevanten Flächennutzungen in den einzelnen Zeitschnitten. Dabei beziehen sich Aussagen zu den Meilenblättern auf die Berliner Ausgabe, wie sie für das Blatt Frauenstein vorlag, da diese Ausgabe aufgrund des höheren Detaillierungsgrades für geeigneter gehalten wird. Die Inhalte der Biotoptypenkartierung auf der Grundlage der Color-Infrarot-Luftaufnahmen wurden nicht gesondert beschrieben, da ihre Inhalte als bekannt vorausgesetzt werden. Allerdings ist dazu grundsätzlich zu bemerken, dass die CIR-Biotoptypenkartierung in ihrer inhaltlichen Tiefe wesentlich weiter gegliedert ist, als alle heutigen und historischen topographischen Karten. Ein Vergleich fällt daher teilweise schwer bzw. muss zwangsläufig zu einer Zusammenfassung von Klassen in der Biotoptypenkartierung führen.

Tabelle 12 gibt eine vergleichende Übersicht über die naturschutzfachlichen Inhalte aller Zeitschnitte. Entsprechende Bildbeispiele zu den einzelnen Nutzungen sind für die jeweiligen Zeitschnitte in der Übersicht im Anhang 2 dargestellt.

Gewässer

In den Meilenblättern tritt das Gewässernetz mit seinen blauen Linien und Teichflächen deutlich hervor. Es kann als topographisches Grundgerüst dieses Kartenwerkes gelten (STAMS 1997). Selbst die Windungen der Fließgewässer sind erkennbar. Weiterhin sind die Dämme der künstlich angelegten Teiche verzeichnet. Mühlen sind mit dem Symbol eines Wasserrades bezeichnet. Während breitere Bäche und Flüsse flächenhaft dargestellt sind, sind Gräben und kleine Fließgewässer als einfache Linie verzeichnet. Aus dem Zusammenhang mit anderen Symbolen (z.B. Graben zu einer Mühle, Windungscharakter) lässt sich schließen, ob es sich um ein wahrscheinlich künstlich angelegtes Gewässer handelt.

In der sparsam farblich gestalteten Äquidistantenkarte heben sich die Gewässer in blauer Farbe deutlich ab. Für die Darstellung gilt ähnliches, wie für die Meilenblätter, wobei auffällt dass die Darstellung gegenüber diesen stärker generalisiert wirkt (sicherlich auch aufgrund des Maßstabes 1:25.000). So sind Dämme in der Äquidistantenkarte kaum oder weniger deutlich dargestellt.

Tab. 12: Legendenvergleich Flächennutzung

Objektart	CIR-Daten 1992	MTB 25 1935/38	ÄDK 25 1878	Meilenblatt 1780 - 1821
Siedlungsflächen	x	x	x	(x) ¹
Obstgärten / Streuobst	x	x		
Gärten	x	x		
Abbauf Flächen, Steinbrüche	x	x	x	x
Ackerland	x	x	x	x
Grünland	x	x	x	x
Sumpf / Moor	x	x	? ²	? ²
Wald, Forst (Laub-/Nadel~)	x (L/N)	x (L/N)	x	x
Flächenhafte Gehölze	x	x	x	x
Stillgewässer	x	x	x	x
Fließgewässer	x	x	x	x
Straßen und Wege	x	x	x	x
Alleen und Baumreihen	x	x	x	x
Raine und Böschungen	x	x		x
Steinriegel	x	x		x
Linienhafte Gehölze, Hecken	x	x		
Einzelbäume	x	x	x	x

¹ Einzelne Gebäude

² Nasse Wiesen gekennzeichnet

Mit der Einführung der preußischen Legende in der Neuaufnahme der Messtischblätter liegen erstmals nachvollziehbare Zeichenvorschriften vor, die in weiterentwickelter Form bis heute gelten. Auch in den Messtischblättern sind die Gewässer deutlich hervor gehoben. Die Legende der Messtischblätter erlaubt eine Unterscheidung von Gräben, Bächen, Kanälen, Flüssen. Neu hinzugekommen sind beispielsweise Quellen und die eindeutige Bezeichnung von Bauwerken an Gewässern wie Schleusen, Wehren und Buhnen. Auch Vegetation im Gewässer wie Schilf ist erstmals dargestellt.

Grünland

Grünland ist in allen untersuchten Kartenwerken dargestellt. In der Äquidistantenkarte und dem Messtischblatt sind die Grünlandflächen durch eine gepunktete Linie zusätzlich abgegrenzt, während in den Meilenblättern eine eindeutige Abgrenzung meist nur in Kombination mit anderen Eintragungen wie Wegen bzw. Böschungsdarstellung oder dem Relief ableitbar ist. Eine Unterscheidung von Weiden und Mähwiesen sowie Saatgrasland ist nicht möglich, da diese Unterschiede bei der Aufnahme der Kartenblätter nicht kartiert wurden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass nur Dauergrünland in die Karten eingetragen wurde.

Feuchtflächen

Feuchtbereiche im Grünland sind in allen Kartenwerken zu erkennen, kenntlich gemacht durch eine dichte, waagerechte Schraffierung in blauer Farbe. Moor- und Bruchflächen sind erstmals in den Messtischblättern mit einer eigenen Signatur dargestellt. In den Meilenblättern konnte keine eigene Signatur für Moore festgestellt werden. Die beiden als Hochmoor kartierten Flächen in der CIR-Biotop- und Nutzungstypenkartierung im Blatt Frauenstein lassen sich daher auch in keinem der vorhergehenden Zeitschnitte feststellen. Niedermoore sind dagegen meist als feuchte Grünland- oder Waldflächen

dargestellt. Möglicherweise würde eine Auswertung weiterer Untersuchungsgebiete mit höherem Mooranteil noch weitere Erkenntnisse liefern.

Felsen, Blockschutthalden

Die Meilenblätter verzeichnen Felsen mit einer eigenen roten Signatur, die der Abbruchkante der Felsbildungen folgt, so dass diese gut erkennbar sind. In der Äquidistantenkarte und im Messtischblatt sind Felsen in ähnlicher Weise in schwarzer Farbe dargestellt. Offene Flächen wie Brachen, Sand und Kiesflächen sind in den Meilenblättern und der Äquidistantenkarte nicht dargestellt.

Lesesteinhaufen

Lesesteinhaufen sind in den Meilenblättern in roter Farbe eingetragen, nicht jedoch in den Äquidistantenkarten. Im Messtischblatt sind sie wiederum eingetragen und werden gegebenenfalls durch Baum- und Gebüschsymbole ergänzt. Die Eintragung der Lesesteinhaufen bzw. -wälle eröffnet aus naturschutzfachlicher Sicht die Möglichkeit die Entwicklung der Erzgebirgischen Steinriegellandschaft über 200 Jahre zu verfolgen. Allerdings liegt es nahe, dass in den Meilenblättern nicht alle Lesesteinwälle eingetragen sind, sondern nur sehr auffällige, da in den Messtischblättern deutlich mehr Objekte zu finden sind.

Zwergstrauchheide, Magerrasen

Heide und Ödland erhalten nur in den Messtischblättern eine eigene Signatur. In den Meilenblättern lassen diese sich jedoch durch die Mischung der Symbole von Grünland, einzelstehenden Bäumen und kleineren grünen Symbolen für Gebüsch erkennen, jedoch nicht scharf abgrenzen. Ähnlich wird in den Äquidistantenblättern verfahren, in denen gehäufte Symbole für Gebüsch und Grünland in Kombination auftreten.

Gehölze, Baumgruppen, Gebüsch

Das Meilenblatt verzeichnet in sehr anschaulicher Weise Baumreihe und Alleen entlang von Wegen und Straßen und im offenen Gelände in Form von Baumsymbolen. Ebenso sind entlang von Gewässern Gehölz- und Baumstreifen eingetragen. Auch einzelne Bäume in der Feldflur sind in dieser Manier zu finden. Gebüsche sind durch kleinere grüne Kreissymbole angedeutet.

In der Äquidistantenkarte sind Einzelbäume und Gebüsch schwer zu differenzieren. Baumreihen entlang der Straßen und Gewässer sowie in der Feldflur sind hier als einfaches Kreissymbol dargestellt. Hervortretende Baumreihen werden mit dem gleichen Symbol wie Wald in linienförmiger Darstellung eingetragen.

Nach der Zeichenvorschrift für das Messtischblatt werden Baumanpflanzungen entlang von Straßen und Wegen (auch im Wald) Bäume durch 0,3 mm starke Punkte dargestellt. Bei regelmäßigem Baumbestand alle 4 mm ein Punkt, bei unregelmäßigem Baumbestand wirklichkeitsnah. Für hervorragende Alleen werden die Zeichen für Einzelbäume verwendet, ebenso für einzelstehende Bäume. Gebüsche erhalten ein eigenes Symbol.

Wald und Forst

Die Waldflächen sind in den Meilenblättern durch Baumsymbole bezeichnet. Allerdings fehlt eine genaue Abgrenzungslinie. Durch die darunter liegenden Schraffen der Reliefdarstellung wird es häufig schwierig Waldflächen genau abzugrenzen. Eine Unterscheidung in Nadel- und Laubwälder fehlt, genauso wie in der Äquidistantenkarte. Hier ist allerdings eine Linie zur genauen Abgrenzung der Waldflächen eingezeichnet.

Ab dem Messtischblatt ist eine Unterscheidung in Nadel-, Laub- und Mischwald möglich. Allerdings sind in den topographischen Karten die Übergänge zwischen diesen drei Waldtypen nicht genau festgelegt

Acker

Acker wird in allen Kartenwerken nicht gesondert dargestellt, sondern ergibt sich als weiße Fläche zwischen den anderen Nutzungsdarstellungen. Interessant sind aus

naturschutzfachlicher Sicht aber die Untergliederung der Ackerschläge durch Raine und Böschungen die in allen Zeitschnitten als schwarze Linienschraffen dargestellt sind.

Weinbau

Weinbau kommt in den Untersuchungsgebieten nicht vor, so dass keine vergleichende Untersuchung möglich war. Weinbaugebiete sind jedoch in den Meilenblättern grundsätzlich aufgenommen und dargestellt (STAMS 1997).

Siedlungs- und Verkehrsflächen

Die Meilenblätter verzeichnen in ländlichen Siedlungen jedes einzelne Gehöft und in städtischen Bereichen auch die geschlossenen Baublöcke. Hervortretende Gebäude wie Kirchen, Kapellen, Mühlen, Schlösser sind gesondert dargestellt und teilweise auch schriftlich bezeichnet. Diese Darstellungsweise wird in den Äquidistantenkarten fortgeführt, nur dass hier alle Gebäude in schwarzer anstatt in roter Farbe dargestellt sind. Eine genauere Unterscheidung der Gebäude durch Bezeichnungen ist im Messtischblatt möglich. Dort sind durch schriftliche Zusätze beispielsweise Gutshöfe, Gasthäuser u.ä. bezeichnet.

Insgesamt ergibt sich aus naturschutzfachlicher Sicht die interessante Möglichkeit den Wandel der (Haupt-)Flächennutzungsarten über einen Zeitraum von mehr als 200 Jahren mehr oder weniger flächenscharf nachzuvollziehen. Bemerkenswert ist dabei vor allem, dass bereits die Meilenblätter einen sehr hohen Detaillierungsgrad aufweisen. So sind insbesondere Elemente wie Steinriegel, Gehölze, Baumreihen o.ä. enthalten.

Neben der Entwicklung der Landschaftsnutzung an sich scheint die Veränderung der Nutzungsstrukturen besonders interessant, d.h. die Gliederung der Landschaft in unterschiedlich große und unterschiedlich geformte einzelne Nutzungselemente. Gerade hier kann der historisch-quantitative Vergleich zeigen, dass die Landschaft in den jeweiligen historischen Zeitschnitten deutlich stärker gegliedert war und mehr kleinere und unregelmäßiger geformte Nutzungseinheiten existierten.

Vertiefende Untersuchungen mit weiterem historischen Quellenmaterial können helfen, Unsicherheiten bei der Karteninterpretation zu mindern und zur Verifizierung der naturschutzfachlich relevanten Flächeninformationen aus historischen Karten beitragen. Dazu gehören beispielsweise historische Landschaftsbeschreibungen, historische Landschaftsdarstellungen aus der Kunst und vor allem sogenannte Augenscheinkarten (BRICHZIN 1998). Letztere wurden meist im Falle eines Rechtsstreites angefertigt und hatten den Zweck die Landschaft möglichst objektiv darzustellen. Sie können uns heute wichtige Hinweise zur Gestaltung der Landschaft mit kleinteiligen Landschaftselementen liefern. Zu den Landschaftsbeschreibungen ist auf die den Meilenblättern beigefügten Gebietsbeschreibungen hinzuweisen. Diese enthalten neben tabellarischen Angaben zu den Ortschaften einen Textteil, der Straßen und Wege, Berge und Anhöhen, und die Gewässer beschreibt. Nicht zuletzt sind ehemalige Wege und Raine sowie Gewässerläufe zum Teil auch in aktuellen Luftaufnahmen erkennbar.

4 Methodik und Bearbeitungsschritte

4.1 *Methodisches Vorgehen*

Die verwendete Methode entspricht in einer etwas abgewandelten Form der Methode der Zustandserfassung nach KIENAST, FRANK & LEU (1991), wobei anstatt eines vollständig digitalisierten Ursprungszeitschnitts die vorhandenen digitalen CIR-Daten genutzt wurden. Dies erspart den immensen Digitalisierungsaufwand des Ursprungszeitschnittes. Zudem zeichnen sich digitale Ausgangsdatensätze wie die CIR-Daten oder das ATKIS DLM 25 durch eine hohe geometrische Genauigkeit aus.

Aufbauend auf diesem Ursprungsdatensatz wurden die weiteren Zeitschnitte in rückwärtiger Reihenfolge durch editieren aufgenommen, wobei die enthaltenen Informationen an den jeweiligen Zeitschnitt angepasst werden. Das Ergebnis ist jeweils eine Datenebene pro Zeitschnitt für Linien- und für Flächenelemente. Die neu entstandenen Linien oder Flächen wurden in der zugehörigen Datenbank mit dem jeweils aktuellen Attribut versehen.

Zur Verarbeitung der Daten wurde das Geographische Informationssystem (GIS) ArcView verwendet. Zusätzlich kamen die Programme Erdas Imagine (zur Georeferenzierung) sowie die ArcView-Erweiterung PatchAnalyst (zur strukturellen Auswertung) zum Einsatz. Die getrennte Erhebung von Linien- und Flächeninformationen ist softwaretechnisch bedingt, da ArcView eine gleichzeitige Geometrienutzung als Linie oder Fläche nicht zulässt. Die Linien- und Flächengeometrien können – nach Flächenbildung aus den Linien z.B. durch Bildung eines Puffers – wieder mit den Flächen verschnitten werden.

4.2 *Datenaufbereitung*

Die historischen Kartenwerke bedürfen einer Vorverarbeitung, um sie für eine digitale Anwendung nutzbar zu machen. Hierzu zählt insbesondere das Scannen sowie das Georeferenzieren der analogen Karten. Als geometrische Bezugsbasis wurde jeweils die Topographische Karte (1 : 25 000) von 1993 herangezogen. Bis auf die Meilenblätter, die bereits gescannt vorlagen, wurden die historischen Karten gescannt und mittels der Software Erdas Imagine georeferenziert.

Im folgenden werden die Bearbeitungsschritte der Datenaufbereitung der einzelnen Zeitschnitte näher erläutert. Zur Kalkulation des zeitlichen Aufwandes für eine Sachsenweite Bearbeitung, wird der benötigte Aufwand für die Beispielblätter angegeben.

4.2.1 Meilenblätter

Die Georeferenzierung der Meilenblätter erwies sich als aufwendig, da die Blätter zunächst z.T. gedreht und übereinstimmende Passpunkte gesucht werden mussten. Als geeignete, in der heutigen Topographischen Karte wiederzufindende Passpunkte erwiesen sich vor allem Straßen- bzw. Wegkreuzungen sowie Brücken. Im nächsten Bearbeitungsschritt wurden die einzelnen Meilenblätter der Untersuchungsgebiete zusammengefügt (mosaikiert) und auf die gegebenen Grenzen (Blattschnitt der TK) zugeschnitten.

Die bisherige Entzerrung der Meilenblätter ergab durchschnittliche Lagefehler zwischen 22 und 40 Metern gegenüber der Topographischen Karte. Im Einzelfall können diese Abweichungen 50 Meter und teilweise mehr betragen, was die geometrische Genauigkeit der Ergebnisse dieses Zeitschnittes einschränkt. Eine Nutzbarkeit als Grundlage für diese Untersuchung ist jedoch gegeben, da sich die Abweichungen durch die visuelle Bearbeitung bewältigen lassen.

Die Nutzung der Meilenblätter bedingt einige Vorarbeiten, da sie sich auf ein anderes Bezugssystem als die heutigen topographischen Karten beziehen (siehe Abbildungen 6 und 7). Zudem liegen die Meilenblätter in einem anderen Maßstab und Blattschnitt vor.

Die Vorarbeiten waren aufgrund unterschiedlicher Meilenblattausgaben in den einzelnen Untersuchungsgebieten unterschiedlich.

4.2.1.1 Blatt Riesa-Pausitz

Im Untersuchungsgebiet Riesa mussten zur Nutzung der Meilenblätter blattschnittbedingt sechs Einzelblätter zusammengefügt werden (Abbildung 6). Die einzelnen Blätter wurden mittels Bildverarbeitungssoftware Adobe Photoshop vorverarbeitet, d.h. ihr Rand wurde entfernt. Anschließend wurden sie mittels Erdas Imagine um 42° gekippt (genordet), passpunktentzerrt und mit nutzerdefinierten Schnittkanten zusammengefügt (mosaikiert).

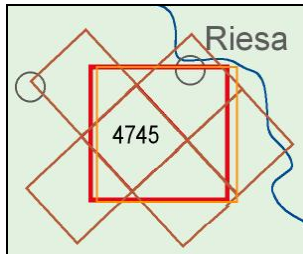


Abb. 6: Lage der Meilenblätter im TK-Bezugssystem (braun dargestellt) im Untersuchungsgebiet Riesa-Pausitz (Ausschnitt aus Abb. 1)

Grundsätzlich muss erwähnt werden, dass die im Gebiet Riesa verwendete Ausgabe („Große Kopie“ von 1820) der Meilenblätter qualitativ schlechter ist, als im Untersuchungsgebiet Frauenstein (schlechtere Auflösung der gescannten Vorlage). Die Passgenauigkeit der Einzelblätter aneinander ist teilweise nur sehr ungenügend, obwohl sich Passpunkte aufgrund geringerer Schraffen und enthaltener Nachträge (Eisenbahnlinien etc.) sowie z.T. Gemarkungsgrenzen einfacher finden ließen. Unter Umständen ist das ein Genauigkeitsproblem dieser Meilenblatt-Ausgabe, das sich durch das händige Kopieren ergeben hat.

Der Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter im Gebiet Riesa-Pausitz ist in Tabelle 13 aufgelistet.

Tab. 13: Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter im Gebiet Riesa-Pausitz

Bearbeitungs-schritt	Blatt-nummer	Anzahl Passpunkte	Bearbei-tungszeit	Bemerkungen
Vorverarbeiten			1 h	Entfernung der Ränder
Entzerren	072	12	1,5 h	Blatteil, entzerrt mit Polynom 2. Ordnung
Entzerren	095	14	1,5 h	Blatteil, entzerrt mit Polynom 2. Ordnung
Entzerren	096	39	2 h	Entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	097	32	3 h	Entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	120	28	2,5 h	Entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	121	22	2,5 h	Blatteil, entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Mosaikieren			1,5 h	
<i>Gesamt</i>			<i>15,5 h</i>	

4.2.1.2 Blatt Frauenstein

Im Gebiet Frauenstein lagen die verwendeten 4 Meilenblätter (Abbildung 7) in gescannter Form um 180° gedreht vor. Sie wiesen teilweise starke Verzerrungen auf, so dass sie sich nicht passgenau aneinander fügen lassen. Die einzelnen Meilenblätter mussten zunächst in einem Bildverarbeitungsprogramm (Adobe Photoshop 5.5) bearbeitet werden, um die Orientierung zu ändern (Drehung um 180°) sowie störende Ränder so genau wie durch die Verzerrungen möglich abzuschneiden. Der Versuch, die Einzelblätter vor der Georeferenzierung in diesem Programm zusammenzufügen, schlug aufgrund der scannbedingten Verzerrungen fehl. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel der randlichen Verzerrungen, obwohl eine gute Passfähigkeit im Zentrum des Blattes gegeben ist. Der auftretende Versatz würde zu weiteren Fehlern im Rahmen der Georeferenzierung führen.

Der Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter im Gebiet Frauenstein ist in Tabelle 14 aufgelistet.

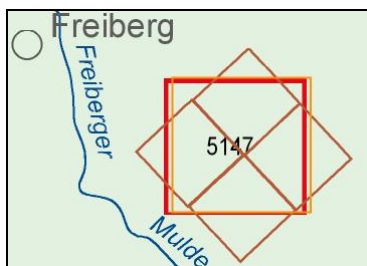


Abb. 7: Lage der Meilenblätter im TK-Bezugssystem (braun dargestellt) im Untersuchungsgebiet Blatt Frauenstein (Ausschnitt aus Abb. 1)

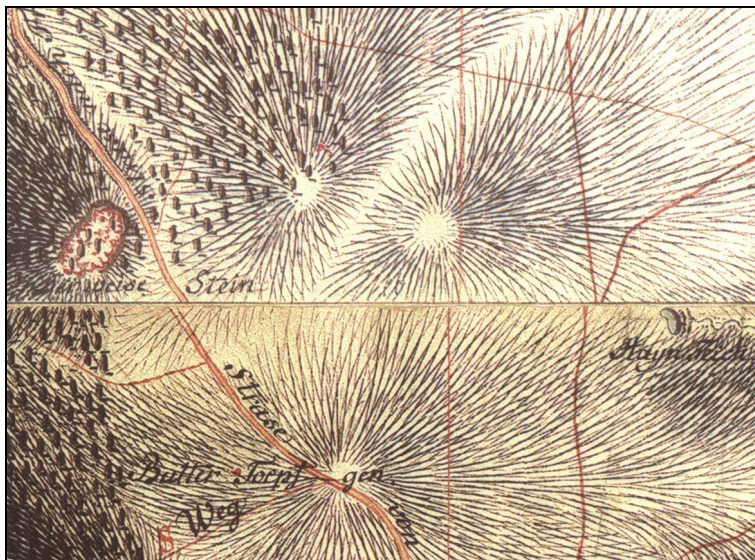


Abb. 8: Versatz beim Zusammenfügen der Meilenblätter 279 und 299 des Blattes Frauenstein

Tab. 14: Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter im Gebiet Frauenstein

Bearbeitungs-schritt	Blatt-nummer	Anzahl Passpunkte	Bearbei-tungszeit	Bemerkungen
Vorverarbeiten			1 h	Entfernen der Ränder und Drehung der Blätter, entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	279	24	2,5 h	Entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	280	22	2,5 h	Entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	299	26	3 h	Große Abweichungen im nordöstlichen Teil, da wenig Passpunkte durch Talsperrenbau; massive Straßenverlegungen in diesem Gebiet, entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Entzerren	300	30	3 h	Verschiebungen im Nordteil, entzerrt mit Polynom 3. Ordnung
Mosaikieren			1 h	
<i>Gesamt</i>			<i>13 h</i>	

Der Zeitaufwand für die Entzerrung der Meilenblätter ist aufgrund der aufwendigen Passpunktsuche hoch (ca. 1,5 bis 3 Stunden pro Einzelblatt). Hinzu kommt die Arbeitszeit für die Vorverarbeitung, das Zusammenfügen sowie die Überprüfung der Lagegenauigkeit. Um das Untersuchungsgebiet vollständig abzudecken, müssten zusätzlich die Eckgebiete einzeln entzerrt und angefügt werden, was einen immensen Zusatzaufwand bedeutet.

Überlappungen beim Zusammenfügen der Einzelblätter sind durch deren Verzerrungen nahezu nicht zu vermeiden. Auch ein Zusammenfügen vor der Georeferenzierung erwies sich als nicht erfolgversprechend. Im Sinne einer Sachsen-weiten Untersuchung wäre diese Aufgabe jedoch besser zu lösen, als bei der hier durchgeführten Beispielbearbeitung. So könnte im Vorfeld ein großräumiges Mosaik zusammengesetzt werden, aus dem später die Einzelblätter herausgeschnitten werden. Für dieses Mosaik wären Eckkoordinaten der einzelnen Meilenblätter hilfreich, die sich u.U. berechnen lassen.

(Die vom LfUG bereitgestellten Dateien A19714_258.zip bzw. A19714_278.zip ließen sich nicht entpacken und konnten daher nicht für die Untersuchung herangezogen werden.)

4.2.2 Äquidistantenkarten

Die analog vorliegenden Äquidistantenkarten wurde zunächst gescannt und anschließend auf Basis der TK 25 entzerrt. Aufgrund der zum heutigen geographischen Bezugssystem abweichenden Aufnahme wurden 37 (Riesa-Pausitz) bzw. 40 Passpunkte (Frauenstein) ermittelt. Die georeferenzierte Äquidistantenkarte weist nur geringe mittlere Lagefehler auf. Der gesamte zeitliche Aufwand pro Kartenblatt beträgt ca. drei Stunden.

4.2.3 Messtischblätter

Die Messtischblätter wurden vor der Bearbeitung ebenfalls gescannt. Durch den übereinstimmenden Blattschnitt gegenüber der heutigen TK 25 konnten die Messtischblätter mit jeweils vier Passpunkten (Karteneckpunkte) mit hinreichender Genauigkeit entzerrt werden. Der Arbeitsaufwand betrug etwa eine Stunde pro Kartenblatt.

4.2.4 CIR-Daten

Die CIR-Daten mussten vor ihrer Nutzung zunächst von CD eingelesen und vom ArcInfo-Export-Format (E00) in das ArcView-Shape-Format umgewandelt werden. Anschließend wurden die Einzelblätter (Blattschnitt der TK 10) zu den bearbeiteten Untersuchungsgebieten (Blattschnitt der TK 25) zusammengefügt. Nach einer Kontrolle auf Homogenität bzw. Fehler, wurden die Daten entsprechend der Legende (vgl. Tabelle 15) umklassifiziert. Der Zeitaufwand betrug etwa drei Stunden pro Untersuchungsgebiet.

4.3 Entwicklung einer Legende

Für Linien- und Flächenelemente wurde eine Legende entwickelt, welche die erkennbaren Objekte aus den verwendeten historischen Karten optimal berücksichtigt. Bei der Legendenerstellung wurde bedacht, dass sie u.U. die Grundlage für eine landesweite Untersuchung darstellt. Daher sind auch Klassen enthalten, die in den hier untersuchten Gebieten nicht vorkommen (z.B. Autobahn, Weinbau). Evtl. muss die Legende zukünftig noch modifiziert und erweitert werden, für z.B. Abbauflächen.

Die in Tabelle 15 aufgeführte Legende wurde mit dem LfUG im Vorfeld der Bearbeitung abgestimmt.

4.4 Digitalisieren und Editieren der Zeitschnitte

Die Bearbeitung der Daten begann nach Abschluss der dafür notwendigen vorgelagerten Arbeitsschritte Datenvorverarbeitung und Legendenerstellung. Die Daten der CIR-Biotoptypenkartierung wurde gemäß der oben dargestellten Legende aufbereitet und für die Arbeit mit dem GIS ArcView vorbereitet.

Im Laufe der Bearbeitung traten eine Reihe von Problemen auf, die im Rahmen der einzelnen Bearbeitungsschritte mit dargestellt werden sollen.

Tab. 15: Übersicht über die erfassten Linien- und Flächenelemente

Linienelemente	Flächenelemente
<ul style="list-style-type: none"> • Linienhaftes Gewässer • Gräben • Linienhaftes Gehölz (einschl. Hecken bzw. Baumreihen) • Eisenbahn • Autobahn • Straße • Weg • Straße mit Baumreihe bzw. Allee • Weg mit Baumreihe 	<ul style="list-style-type: none"> • Fließgewässer • Stillgewässer • Moor • Grünland, Ruderalflur (einschl. gewässerbegleitende Vegetation) • Magerrasen • Fels, offene Fläche • Baumgruppe, Hecke, Gebüsch • Wald und Forst • Acker • Sonderkultur (Weinbau) • Siedlungs- und Verkehrsfläche (einschl. Bauwerk am Gewässer)

Als grundsätzliches Problem im Rahmen der Digitalisierung und Attributierung der rückwärtig fortzuschreibenden Datensätze ergab sich die unterschiedliche Darstellung gleicher Sachverhalte in den einzelnen Karten (siehe Legendenvergleich, Anhang 2). Daher ist es eine grundlegende Aufgabe, im Vorfeld eine Interpretationshilfe für die einzelnen Bearbeiter zu erstellen. In diesem Arbeitsmaterial sollte auch die Vorgehensweise bei einzelnen Flächennutzungen beschrieben werden, um Überschneidungen, wie z.B. eine doppelte Digitalisierung von linienhaften Gehölzen als Linie und Fläche, zu vermeiden.

Bei der Digitalisierung sollten zudem Linien- und Flächenelemente eingeblendet werden, um aufwendige Grenzanpassungen zu vermeiden. Die Bearbeitung aller Zeitschnitte eines Gebietes durch dieselbe Person ist ebenfalls vorteilhaft.

Die benötigten Arbeitszeiten für das Digitalisieren bzw. Editieren sowie zur Datenkontrolle beider Gebiete getrennt nach Flächen und Linien werden im Kapitel 6 dargestellt.

Im Folgenden wird die Bearbeitung der einzelnen Zeitschnitte beschrieben.

4.4.1 CIR-Daten

Zu Beginn der Bearbeitung wurden einige Probleme offenbar. Diese stehen teilweise im Zusammenhang mit der Nutzung der CIR-Daten als Datengrundlage. So ist die Biotop-typenkartierung im Maßstab von 1:10.000 erhoben wurden, die Bearbeitung im Rahmen dieser Studie erfolgt dagegen im Maßstab 1:25.000. Weiterhin ist die CIR-Biotoptypen-kartierung thematisch viel detaillierter gegliedert, als die Topographischen Karten bzw. ATKIS-Daten (DLM 25/1).

Bearbeitungsprobleme durch die Verwendung der CIR-Daten:

- Straßen innerhalb von Siedlungen fehlen teilweise (sie wurden während der Bearbeitung i.d.R. nicht ergänzt, da sie für den Auftraggeber uninteressant sind)
- Im visuellen Vergleich sind bereits Landnutzungsänderungen zwischen CIR-Daten und der TK 25 erkennbar (CIR-Daten aktueller) – die Ursache hierfür kann in Ungenauigkeiten beider Datensätze liegen. (Insbesondere die Genauigkeit der Topographischen Karten weist z.T. Unzulänglichkeiten im Vergleich mit digitalen Ortho-Luftbildern auf.)
- Ungünstige Attributierung von Linienelementen (anstatt des Attributes Straße haben Alleen das Attribut *Allee oder Baumreihe* mit Sekundärnutzung *an Straße*)
- Bahnstrecken sind wechselnd als Linien oder als Flächen erhoben worden
- Datensatz enthält Elemente ohne genaue Attributangabe (Ausprägung entspricht 0 / keine Angabe, z.B. Baumreihe an Straße ohne die Angabe, dass sie sich an einer Straße befindet)
- Linien- und Flächenelemente sind häufig unterteilt bzw. besitzen eine übermäßige Kleinteiligkeit (hervorgerufen durch das Zusammenfassen unterschiedlicher Ausprägungen – vor der Bearbeitung Zusammenfügen)
- Teilweise auftretende Dateninkonsistenzen der CIR-Daten führen zu einem höheren Bearbeitungsaufwand (z.B. Kleinstpolygone, sog. Sliver-Polygone, die nicht nur an ehemaligen Blattgrenzen auftreten; Polygonüberlagerungen; zusammenhängende Flächen unterschiedlicher Lageausprägung)

4.4.2 Messtischblätter

Mit den Messtischblättern lag eine – im Vergleich zu den anderen Kartenwerken – geometrisch gleichwertige Datengrundlage vor. Der Bearbeitungsaufwand dieses Zeitschnittes ist jedoch der größte, da sich die meisten Landschaftsveränderungen zwischen diesem Zeitschnitt und heute vollzogen. Dieser Sachverhalt ist durch einen visuellen (vgl. Anlagen 3 und 4) sowie statistischen (vgl. Kap. 5.2.1) Vergleich leicht nachzuvollziehen.

4.4.3 Äquidistantenkarten

Die Genauigkeit ist gegenüber den Messtischblättern bereits erheblich geringer. Bei Überlagerung der Karten mit den digitalen Datensätzen (z.B. CIR-Daten) werden daher deutliche Abweichungen sichtbar. Im Rahmen der Bearbeitung wurde aber davon ausgegangen, dass dies Genauigkeitsprobleme der historischen Karten sind, die schließlich unter Nutzung schlechterer Techniken entstanden. Die Datensätze wurden daher nicht genau an diese Kartengrundlage angepasst, sondern diese Abweichungen wurden in Kauf genommen. Gleiches gilt für die Meilenblätter, bei denen die Abweichungen z.T. noch größer waren.

Die durch die unterschiedlichen Blattsnitte gegenüber der Topographischen Karte entstehenden Datenlücken (vgl. Abb. 1) wurden nicht betrachtet. Für nicht abgedeckte Gebiete (300 m-Streifen am östlichen Kartenrand) wurden die Informationen aus den Messtischblättern übernommen.

4.4.4 Meilenblätter

Die Verwendung der Meilenblätter als älteste Bezugsbasis führte zu unterschiedlichen Komplikationen. Durch die schlechte Auflösung der Meilenblätter im Gebiet Riesa waren Linienelemente schlecht sichtbar und kleine Gewässer zum Teil nicht mehr erkennbar. Außerdem weist die verwendete Große Kopie Elemente auf, die aktualisiert aber wahrscheinlich auch retuschiert wurden (Radierstellen erkennbar!). Im Blatt enthaltene Grenzen von Gemeinden (dicke braune/graue Linien) verdecken z.T. Wege und andere Karteninhalte. Im Gebiet Frauenstein war die Nutzung der Meilenblätter durch die enthaltenen Schraffen stark erschwert. In sehr stark geneigten Gebieten war eine genaue Grenzziehung und Attributierung kaum möglich.

Ähnlich wie bei den Äquidistantenkarten werden Teile der Untersuchungsflächen durch das vorliegende Kartenmaterial nicht abgedeckt (vgl. Abb. 1). Im Falle dieser Datenlücken wurde auf den Zeitschnitt Äquidistantenkarten zurück gegriffen. Probleme traten zudem durch die Mosaikierung der Einzelblätter durch Überlappungen an den Blattgrenzen auf.

5 Auswertung der Zeitschnitte

Die historische Landschaftsforschung bedient sich häufig der visuellen Auswertung und verbalen Beschreibung von Veränderung über die Zeitschnitte in Kartenwerken. Die digitale Aufbereitung der Veränderungen der Flächennutzung ermöglicht es nun einfache Flächen und Längestatistiken durchzuführen, aber auch darüber hinaus komplexere Auswertungen zu strukturellen Veränderungen der Landschaft zu quantifizieren.

5.1 Visuelle Auswertung

Durch die überblicksmäßige Darstellung der Zeitschnitte mit gleicher Legende lassen sich visuell sehr gut Vergleiche zur Entwicklung der Landnutzung und ihrer Struktur anstellen (siehe Anlage 3 und 4). Unterschiedliche Darstellungsweisen in den einzelnen Kartenwerken erschweren dabei die Interpretation nicht mehr und die Herausarbeitung wesentlicher Informationen ist nun möglich. Im Folgenden sollen kurz die wichtigsten Veränderungen in den beiden Untersuchungsgebieten dargestellt werden.

5.1.1 Blatt Riesa-Pausitz

Das Blatt Riesa ist geprägt durch große, intensiv genutzte Agrarflächen. Die auffälligsten Änderungen der Landnutzung von etwa 1820 bis heute sind:

- Die Aue der Jahna ist bis zum Zeitraum 1902/32 nahezu durchgängig als Grünland genutzt, später löst sich dieser durchgängige Grünlandzug auf und wird hauptsächlich für Siedlungszwecke und Ackerbau umgenutzt.
- Ebenfalls bis etwa 1902/32 sind die Nebenbäche, teilweise die Gräben und Hangdellen mit Grünland bestanden. Im aktuellen Zeitschnitt hat sich diese Grünlandverteilung zugunsten weniger, großer Flächen völlig verändert.
- Das Wegenetz ist heute durch die Einführung großer Schläge stark ausgedünnt.
- Der Anteil der Siedlungsflächen hat wesentlich zugenommen. Die ursprünglich rein dörflich geprägten Siedlungsflächen sind durch die Nähe der Mittelstadt Riesa überprägt, die am nordöstlichen Blattrand in das Untersuchungsgebiet „hineinwächst“.
- Mehrere größere Teichflächen sind verschwunden, teilweise aber auch neue an anderen Orten angelegt worden.
- Viele im Messtischblatt verzeichnete Gräben sind in der aktuellen Biotoptypenkartierung nicht verzeichnet.

5.1.2 Blatt Frauenstein

Das Blatt Frauenstein ist geprägt durch die vielfältige Mittelgebirgslandschaft des Erzgebirges. Starke Reliefunterschiede und hohe Niederschläge bedingen die Anlage eines verzweigten Gewässersystems. Die steilen Hangbereiche sind nur als Wald nutzbar, daher hat sich die Waldbestockung im untersuchten Zeitraum auf diesen Bereichen im Kern kaum verändert. Allerdings wurden die Waldränder durch Aufforstung in einigen Fällen mehrfach verändert.

Am auffälligsten ist die Entwicklung des Wegenetzes. Äquidistantenkarte und Messtischblatt zeichnen noch genau das ursprünglich vorhandene Wegenetz der Hufendörfer nach, während im aktuellen Zeitschnitt nur noch ein sehr ausgedünntes Wegenetz vorhanden ist. Die Ursache ist die Vereinigung der kleinen landwirtschaftlich genutzten Hufen zu großen zusammenhängenden Schlägen.

Weiterhin bemerkenswert ist die Zunahmen des Grünlandes im aktuellen Zeitschnitt. Zu keiner anderen Zeit war der Grünlandanteil so hoch und waren so große zusammenhängende Bereiche als Grünland genutzt. Früher beschränkte sich das Grünland auf sehr steile Hangbereiche und vor allem auf die Auenbereiche der Bäche, was zu einer sehr differenzierten Grünlandverteilung führte. Mit der Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzflächen wurden nicht nur große Ackerschläge zusammengefasst, sondern auch weite Bereiche als Grünland umgenutzt.

Ins Auge fallen die beiden Talsperren, die im Verlaufe des betrachteten Zeithorizontes angelegt wurden (Klingenberg 1914, Lehmühle 1932).

Interessant in diesem Blatt ist vor allem auch die Entwicklung von Kleinstrukturen wie linienhaften Gehölzen und Steinriegeln zu beobachten. Dies ist gut möglich, da bereits in den Meilenblättern eine große Zahl der vorhandenen Steinriegel eingezeichnet ist. Viele dieser landschaftsprägenden Elemente sind heute noch vorhanden, jedoch meist als Hecke oder waldartige Baumreihe durchgewachsen.

5.2 Statistische Auswertung

Im Rahmen der statistischen Auswertung wurden Linien- und Flächenbilanzen für beide Untersuchungsgebiete sowie die dabei untersuchten Zeitschnitte erstellt und kurz bewertet. Eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung ist in der Reihe „Werte der deutschen Heimat“ (Band 10) bzw. „Werte unserer Heimat“ (Band 30) zu finden (AKAD. D. Wiss. 1966; 1977).

Die Auswertung der Attributtabelle erfolgte mit dem ArcView Table Modul und MS Excel.

5.2.1 Blatt Riesa-Pausitz

In Abbildung 9 bzw. Tabelle 16 wird die Entwicklung der linienhaften Elemente dargestellt. Dabei wird deutlich, dass viele Gewässer durch Verrohrung und Trockenlegung in den letzten Jahren weggefallen sind. Dagegen hat der Anteil an Gräben seit Beginn des 20. Jh. deutliche Zuwächse erfahren. Im Zeitschnitt der Äquidistantenkarte und im Meilenblatt sind sie aufgrund ihrer schlechten Erkennbarkeit nicht enthalten. Im Messtischblatt wurden nur trockene Gräben als Gräben aufgenommen, nasse Gräben entsprechen Fließgewässern. Eine markante Abnahme weisen linienhafte Gehölze auf, wobei der Einbruch im Zeitschnitt der Äquidistantenkarte auf der mangelhaften Darstellung resultiert. Die Längen der Wege / Wege mit Baumreihen im Gebiet Riesa-Pausitz besitzen einen stark rückläufigen Trend. Dagegen haben die Straßen / Alleen einen stetigen Ausbau erfahren. Die Linienlängen der Eisenbahnen sind seit ihrem Bestehen nahezu unverändert.

Die Veränderung der Flächenelemente im Raum Riesa-Pausitz wird in der Abbildung 10 bzw. in Tabelle 17 deutlich. Das Gebiet ist mit fast konstant 80 prozentigem Anteil überwiegend ackerbaulich genutzt. Markant ist die Zunahme der Siedlungsflächen von 4 auf 11 % von 1821 bis heute und ebenso der Rückgang der Gehölzanteile von ursprünglich 3 auf heute unter 1 %. Die weiteren Flächennutzungsarten haben sich nur geringfügig verändert.

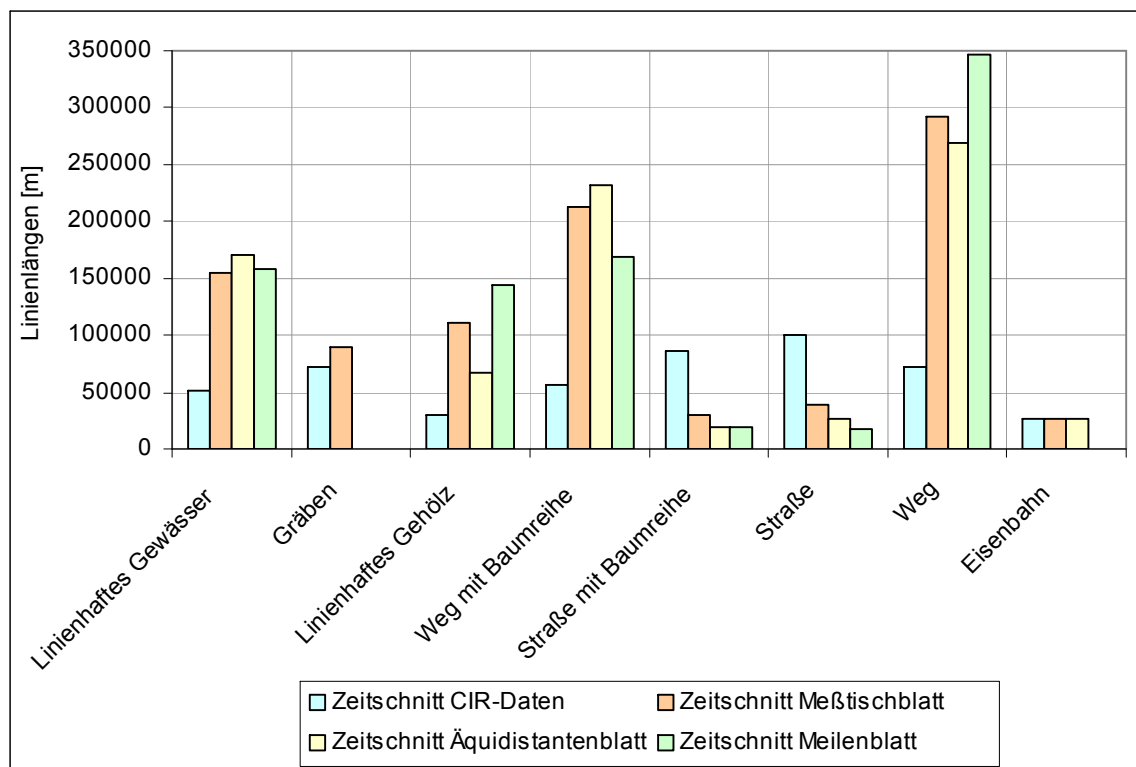


Abb. 9: Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Riesa-Pausitz

Tab. 16: Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Riesa-Pausitz [Angaben in km]

Zeitschnitt	CIR-Daten	Messtischblatt	Äquidistanten-karte	Meilenblatt
Linienhaftes Gewässer	51,1	155,3	170,9	158,0
Gräben	72,3	90,4	0,0	0,0
Linienhaftes Gehölz	29,4	110,2	67,5	143,7
Weg mit Baumreihe	55,8	213,1	231,8	169,3
Straße mit Baumreihe	85,6	29,8	19,8	18,9
Straße	99,8	38,6	27,1	17,7
Weg	72,0	292,4	268,9	347,1
Eisenbahn	26,2	26,4	25,9	0,0

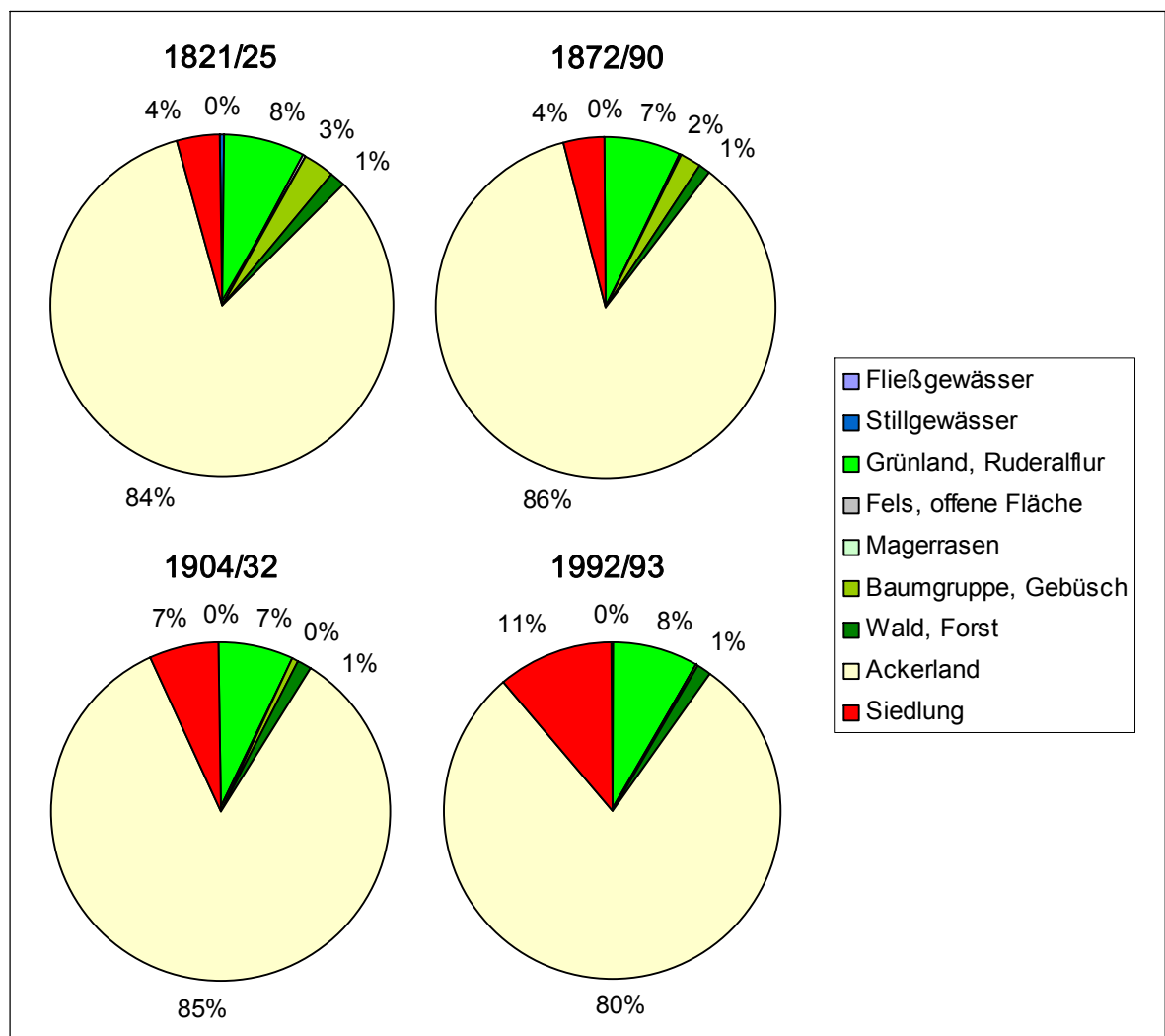


Abb. 10: Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Riesa-Pausitz (nicht sichtbare Flächennutzungsarten haben einen Anteil von unter 0,5 %)

Tab. 17: Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Riesa-Pausitz [Angaben in ha]

Zeitschnitt	CIR-Daten	Messtischblatt	Äquidistanten-karte	Meilenblatt
Fließgewässer	1	0	0	0
Stillgewässer	35	7	11	32
Grünland, Ruderalflur	1027	937	934	1026
Fels, offene Fläche	8	2	17	5
Magerrasen	3	0	0	0
Baumgruppe, Gebüsch	50	60	268	403
Wald, Forst	176	191	140	185
Ackerland	10216	10889	11073	10744
Siedlung	1431	862	502	551

5.2.2 Blatt Frauenstein

Tabelle 18 und Abbildung 11 widerspiegeln die Entwicklung der Linienelemente im Frauensteiner Gebiet. Die darin abzulesenden Entwicklungstrends geben die naturräumlichen Bedingungen wieder. So konnten in dieser gebirgigen Region z.B. Fließgewässer nicht in dem Maße wie im Gebiet Riesa beeinflusst werden. Auffällig ist besonders der hohe Anteil an Wegen, die aus den vorherrschenden Ortsformen (Waldhufendörfer) resultieren.

Die Flächenstatistik in ihrem historischen Verlauf ist in Tabelle 19 und Abbildung 12 ersichtlich. Aufgezeigt wird dabei ein deutlicher Rückgang der Ackerfläche in diesem Gebiet (von max. 65 % auf 37 %). Zugleich hat sich die Grünlandfläche mehr als verdreifacht (von 10 % auf 33%).

Tab. 18: Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Frauenstein [Angaben in km]

Zeitschnitt	CIR-Daten	Messtischblatt	Äquidistanten-karte	Meilenblatt
Linienhaftes Gewässer	113,2	154,5	122,5	124,5
Gräben	14,0	19,0	9,5	9,6
Linienhaftes Gehölz	63,4	79,8	13,8	12,9
Weg mit Baumreihe	33,9	86,6	27,9	7,1
Straße mit Baumreihe	54,8	35,7	38,8	4,1
Straße	76,5	77,1	2,7	28,1
Weg	224,0	1023,9	848,6	508,7
Eisenbahn	1,5	14,1	1,7	1,0

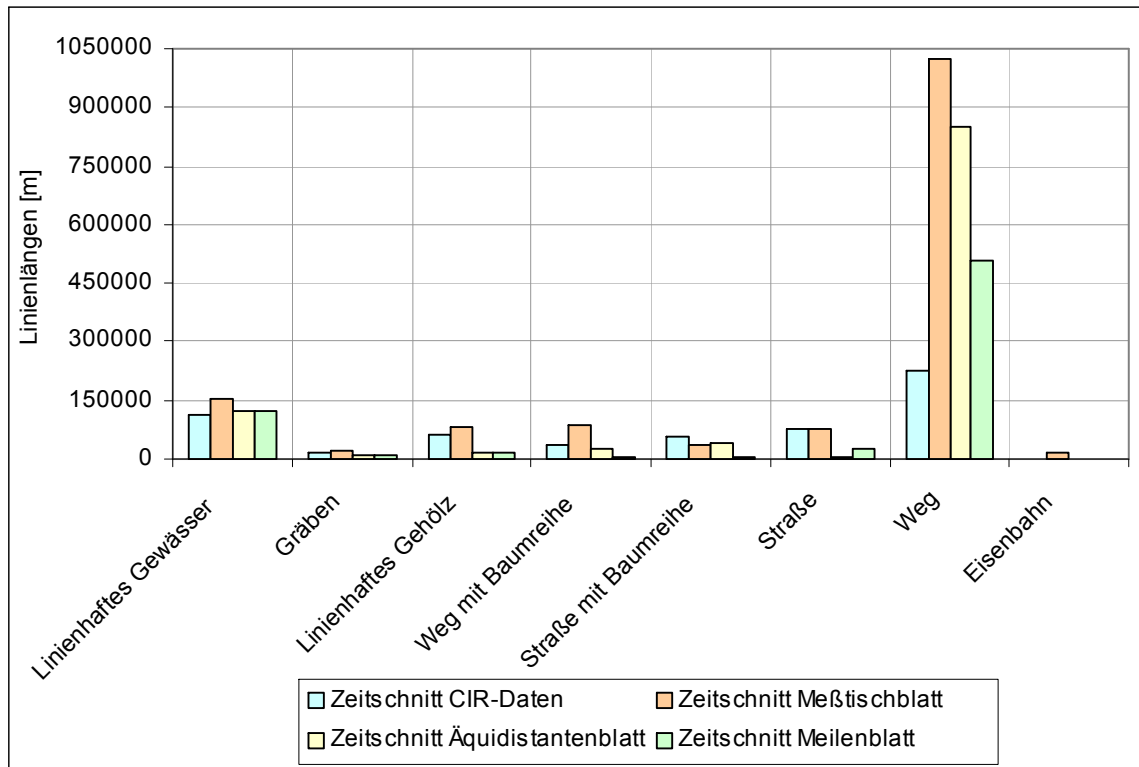


Abb. 11: Entwicklung der Linienelemente im Beispielgebiet Frauenstein

Tab. 19: Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Frauenstein [Angaben in ha]

Zeitschnitt	CIR-Daten	Messtischblatt	Äquidistanten- karte	Meilenblatt
Fließgewässer	1	0	0	0
Stillgewässer	197	217	9	15
Moor	6	0	0	0
Grünland, Ruderalflur	4337	2082	1605	1320
Fels, offene Fläche	14	8	3	5
Lesesteinhaufen	4	21	0	4
Magerrasen	0	0	19	4
Baumgruppe, Gebüsch	66	153	43	70
Wald, Forst	2834	2800	2625	3041
Ackerland	4879	7266	8324	8178
Siedlung	718	512	430	421
Bahnfläche	1	0	0	0

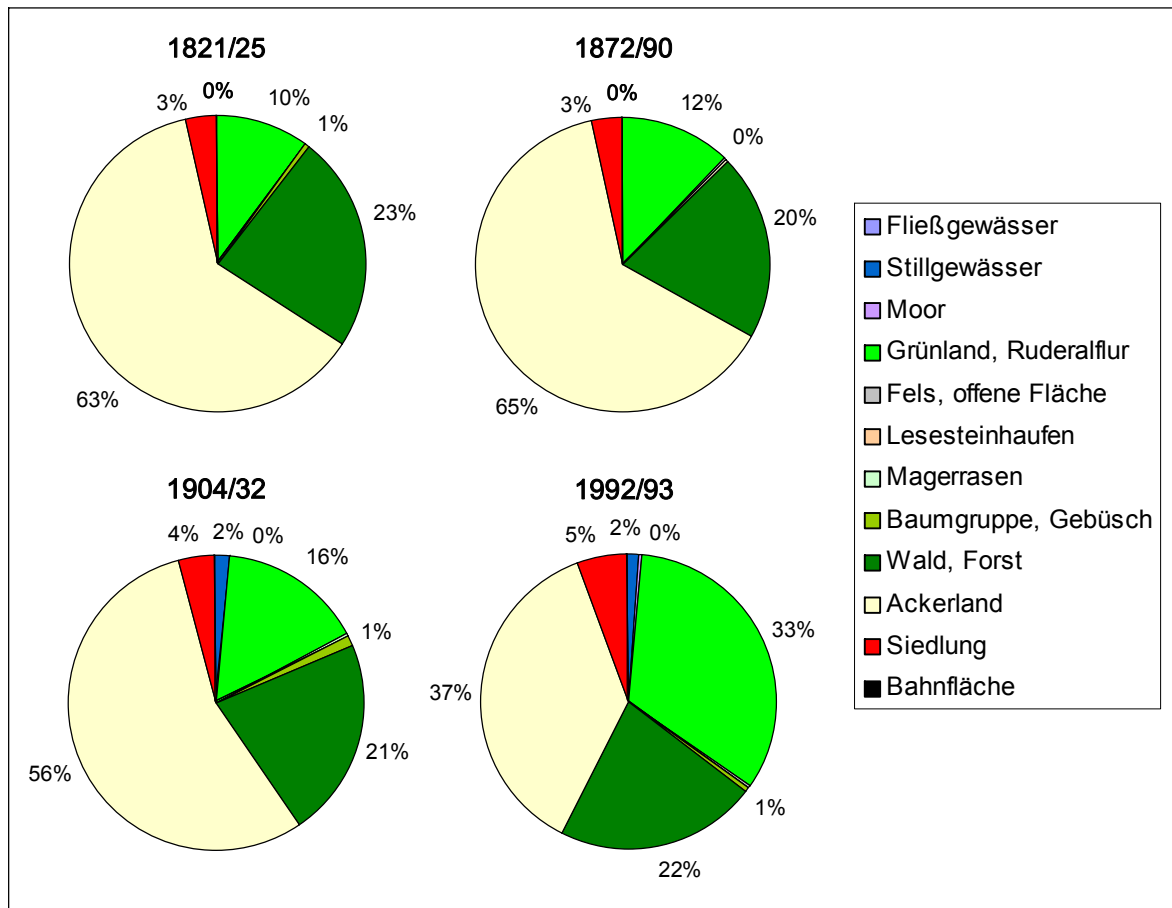


Abb. 12: Entwicklung der Flächennutzung im Beispielgebiet Frauenstein (nicht sichtbare Flächennutzungsarten haben einen Anteil von unter 0,5 %)

5.3 Veränderung ausgewählter Nutzungsarten

Die digitale, geographisch referenzierte Aufbereitung der Daten ermöglicht eine flächenkonkrete Auswertung von Zuwächsen und Verlusten einzelner Nutzungsklassen über den Untersuchungszeitraum. Damit wird es auch möglich Flächen zu ermitteln, die keiner Nutzungsänderung im betrachteten Zeitraum unterlagen. Solche Auswertungen können wichtige Hinweise auf alte, und damit aus Sicht des Naturschutzes wertvolle Ökosysteme bzw. Biotope geben.

Für die beiden Untersuchungsgebiete wurden die Nutzungsklassen Wald und Grünland hinsichtlich Ihrer Veränderungen in drei Zeitschnitten ausgewertet (Meilenblatt, Messtischblatt und CIR-Biototypen- und Nutzungskartierung). Das Ergebnis zeigt Abbildung 13.

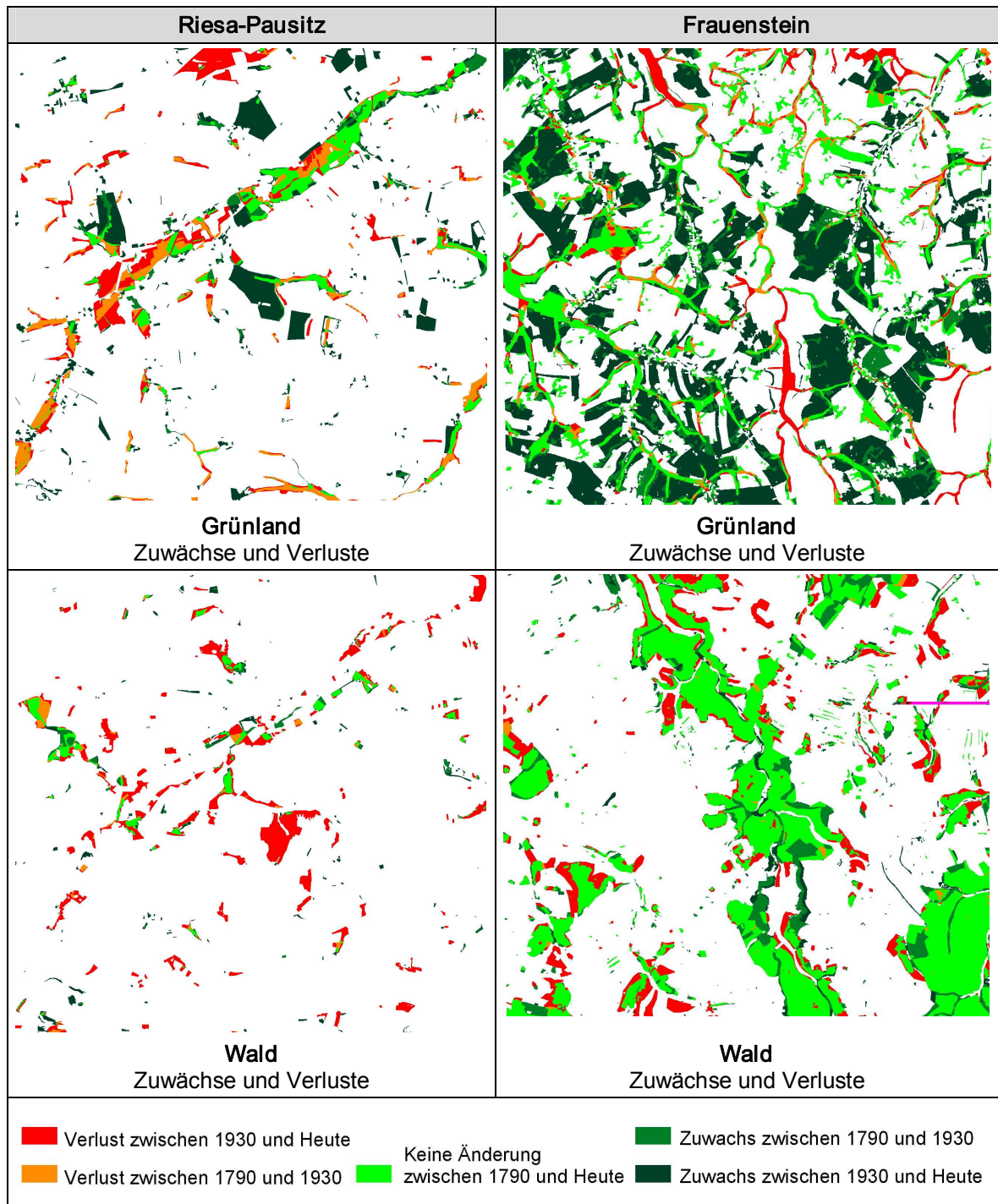


Abb. 13: Zuwächse und Verluste an Wald und Grünland in den Untersuchungsgebieten.

Über eine Kreuztabelle lässt sich die Umnutzung von Flächen darstellen (Tabelle 20). Es lässt sich ablesen, dass beispielsweise 52 % der heute als Grünland genutzten Flächen auch 1780 Grünland waren, 18 % damals als Acker und 16 % als Wald genutzt wurden. So lässt sich auch feststellen, dass 74 % der heutigen Waldflächen 1780 ebenfalls mit Wald bestanden waren.

Tab. 20: Kreuztabelle zur Entwicklung ausgewählter Nutzungen im Blatt Frauenstein.

		Heutige Nutzung				
		Gewässer	Grünland	Wald	Acker	Siedlung
Nutzung im Meilenblatt	Gewässer	22 %	7 %	1 %	1 %	0 %
	Grünland	24 %	52 %	13 %	38 %	17 %
	Wald	33 %	16 %	74 %	5 %	0 %
	Acker	13 %	18 %	10 %	53 %	1 %
	Siedlung	0 %	6 %	1 %	3 %	81 %

5.4 Strukturelle Auswertung

Die statistische Auswertung naturschutzrelevanter Flächeninformationen kann durch die Analyse mit Methoden der Geographischen Informationssysteme sinnvoll ergänzt werden. Mit diesem Hilfsmittel können vergleichbare Indizes landschaftlicher Strukturveränderungen sowohl in räumlicher als auch zeitlicher Hinsicht gewonnen werden. Sie bieten die Möglichkeit, komplexe statistische Berechnungen für eine Vielzahl von mittlerweile digital vorliegenden räumlichen Informationen, beispielsweise zur Oberflächenbedeckung, durchzuführen. Die Berechnung von geeigneten Indikatoren für ein Monitoring (wie z.B. der Fragmentierung der Landschaft, der Diversität, des Isolationsgrades oder des Zerschneidungsgrades u.a.), kann naturschutzfachlich wichtige Aussagen zur Bewertung des heutigen Landschaftszustandes und dessen historischer Entwicklung erbringen. Für eine Bewertung des Landnutzungswandels ist es nicht ausreichend, die Veränderung der Flächenanteile bestimmter Nutzungs- bzw. Biotoptypen zu verfolgen, sondern es ist von erheblicher Bedeutung strukturelle Kenngrößen zu Lage, Form und Nachbarschaftsbeziehungen der einzelnen Landschaftselemente zu berücksichtigen.

5.4.1 Parameter der Strukturdiversität

Jede Landschaft besitzt ein ihr eigenes, charakteristisches Gepräge, über das sie identifiziert und beschrieben werden kann. Zwei Komponenten machen letztendlich dieses Muster aus: die Zusammensetzung und die Struktur. Zusammensetzung meint dabei die Vielfalt der Nutzungsarten und ihrer Flächenanteile in einer Landschaft, während die Struktur auf die räumliche Orientierung und Anordnung der einzelnen Nutzungseinheiten hinweist (LI & REYNOLDS 1993).

Zur konkreten Erfassung der Landschaftsstruktur werden in der Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Parameter beschrieben. Dabei sind verschiedene Betrachtungsebenen zu berücksichtigen. Einerseits können die einzelnen Landschaftselemente untersucht werden. Konkrete Maße lassen sich dabei für die Form der jeweiligen Elemente, den Verlauf der Ränder (Kanten) und für die Lagebeziehungen einzelner Elemente zueinander ableiten. Andererseits kann das Landschaftsmosaik, das sich aus den einzelnen Elementen zusammensetzt, in seiner Gesamtheit beschrieben werden. Dabei geht es im Wesentlichen um Auswertungen zur Vielfalt der Nutzungseinheiten, ihrer Verteilung und zur Anordnung linienhafter Elemente. Anstatt Maße für die gesamte Landschaft mit allen ihren Nutzungsklassen zu berechnen, kann dies auch für einzelne Nutzungsklassen geschehen.

Die Maße zur Landschaftsstruktur lassen sich wie folgt gliedern:

I. Maße für einzelne Landschaftselemente

- Formmaße
- Kantenmaße
- Lagebeziehungen
- Kernflächenmaße
- Kontrastmaße

II. Maße für Landschaftsmosaik

- Grenz-(Kanten-)Maße
- Diversitätsmaße
- Verteilungsmaße

Beispiele für einzelne Parameter sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

Die kleinsten, je nach Betrachtungsebene als weitgehend homogen anzusehenden Einzelelemente einer Landschaft werden als *patch* oder *landscape element* bezeichnet. Dieser Begriff kann nicht in allen Fällen mit dem deutschen Begriff des Ökotops gleichgesetzt werden. In der Berechnung landschaftsstruktureller Parameter wird darunter häufig nur die kleinste Nutzungseinheit verstanden (MCGARIGAL & MARKS 1994).

Tab. 21: Beispiele für Landschaftsstrukturparameter (nach WIENS et al. 1993):

<u>Formmaße</u>	
Form-Indizes	z.B. Zusammenhang zwischen Fläche und Umfang oder Vergleich zu einer Standard-Form
<u>Kantenmaße</u>	
Form der Ränder	Breite der Ränder (Saum), Kontinuität, Linearität, Länge
Randdichte	Häufigkeit bzw. Dichte von Rändern
<u>Lagebeziehungen</u>	
Isolation	Distanz zum nächsten Nachbarn
Flächenausrichtung	Position relativ zu einem gerichteten Prozess (z.B. Wasserabfluss, Wanderungslinien)
Kontext	Matrix der Nachbarschaftsbeziehungen eines bestimmten Flächentyps
Kontrast	Differenz der Wertigkeit zwischen zwei benachbarten Flächen
Connectivity	Grad der Einbindung von Flächen eines bestimmten Typs in ein Netz von Knoten und Verbindungen
<u>Diversitäts- / Verteilungsmaße</u>	
Dispersion / Verteilung	Verteilungsmuster von Flächentypen über einen Raum
Gleichmäßigkeit	Gleichwertigkeit der Anzahl (oder Fläche) von verschiedenen Flächentypen in einem Mosaik
Reichtum	Anzahl der verschiedenen Flächentypen in einem gegebenen Raum

5.4.2 ArcView-Erweiterung „Patch Analyst“

Mit dem *PatchAnalyst*, einer Erweiterung von ArcView, können Indizes zur Landschaftsstruktur berechnet werden. Das Programm, das auf dem Freeware-Programm FRAGSTATS (MCGARIGAL & MARKS 1994) aufbaut, kann kostenlos unter folgender Adresse aus dem Internet geladen werden: <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch>. Der PatchAnalyst bzw. FRAGSTATS reihen sich in die Gruppe der Geostatistik-Programme ein.

Der PatchAnalyst erstellt in ArcView zwei neue Menüpunkte namens „Patch“ und „PatchGrid“ (Abbildung 14). „Patch“ ermöglicht die Analyse von Vektordaten, während PatchGrid Rasterdaten verarbeitet. Bei Rasterdaten muss auch die ArcView-Erweiterung „SpatialAnalyst“ vorhanden sein. Eine ausführliche Dokumentation ist dem Programm beigelegt, so dass an dieser Stelle auf eine ausführliche Beschreibung verzichtet werden kann.

Es können Werte auf drei hierarchischen Ebenen berechnet werden: der gesamten Landschaft, ausgewählter Nutzungsklassen und der einzelnen Nutzungseinheiten. Das Eingabefenster verlangt die Auswahl einer Ebene, der Attributspalte mit den Angaben zu den Nutzungsklassen und die Auswahl der zu berechnenden Indizes (Abbildung 15). Als Ergebnis wird eine Tabelle mit den statistischen Werten erzeugt und optional eine Shape-Datei, in der zu jeder Nutzungseinheit die entsprechenden Indizes bereits zugeordnet sind.

Mit den absoluten Zahlenwerten der Landschaftsstrukturmaße ist allerdings vorsichtig umzugehen. Vielmehr sollten vergleichende Bewertungen aufgrund der Zahlenwerte angestellt werden. Eine Aussage wie „Shannon-Diversität in Naturraum 1 deutlich höher als in Naturraum 2“, ist bei Verwendung der gleichen Datengrundlagen zulässig und aussagekräftig, während die Angabe eines einzelnen Zahlenwertes „Shannon-Diversität in Naturraum 1 = 1,37“ keine nutzenbringende Information darstellt. Die Einordnung solcher Werte in eine auf das Untersuchungsgebiet und das Ziel der Untersuchungen abgestimmte ordinale Wertstufenskala ist daher nötig.

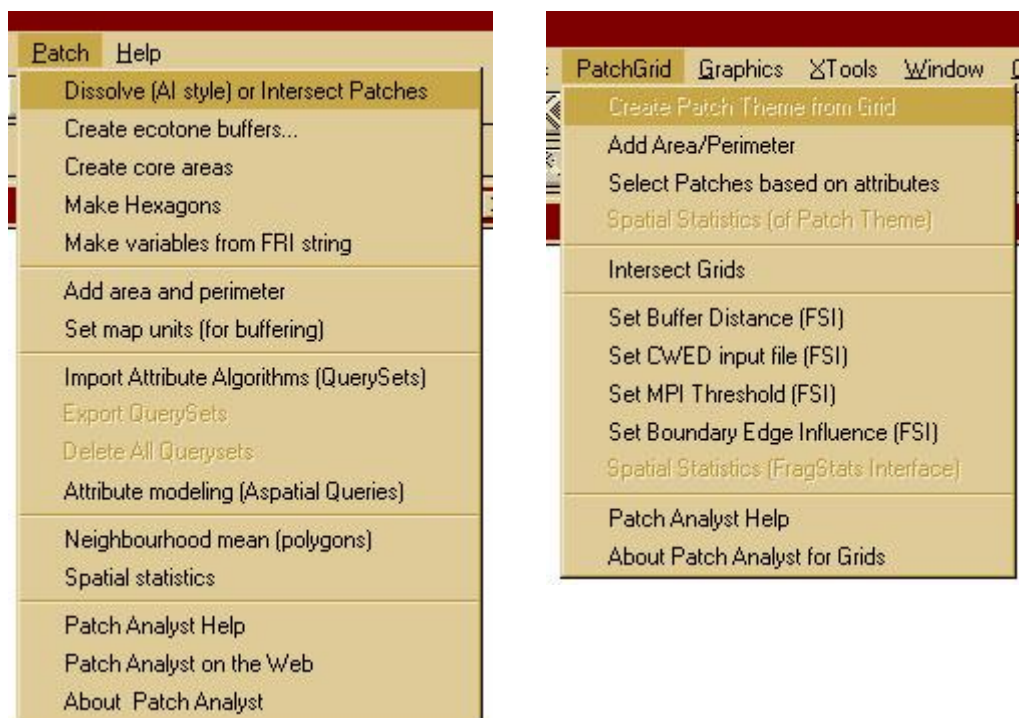


Abb. 14: Menüpunkte „Patch“ und „PatchGrid“ der ArcView-Erweiterung „PatchAnalyst“

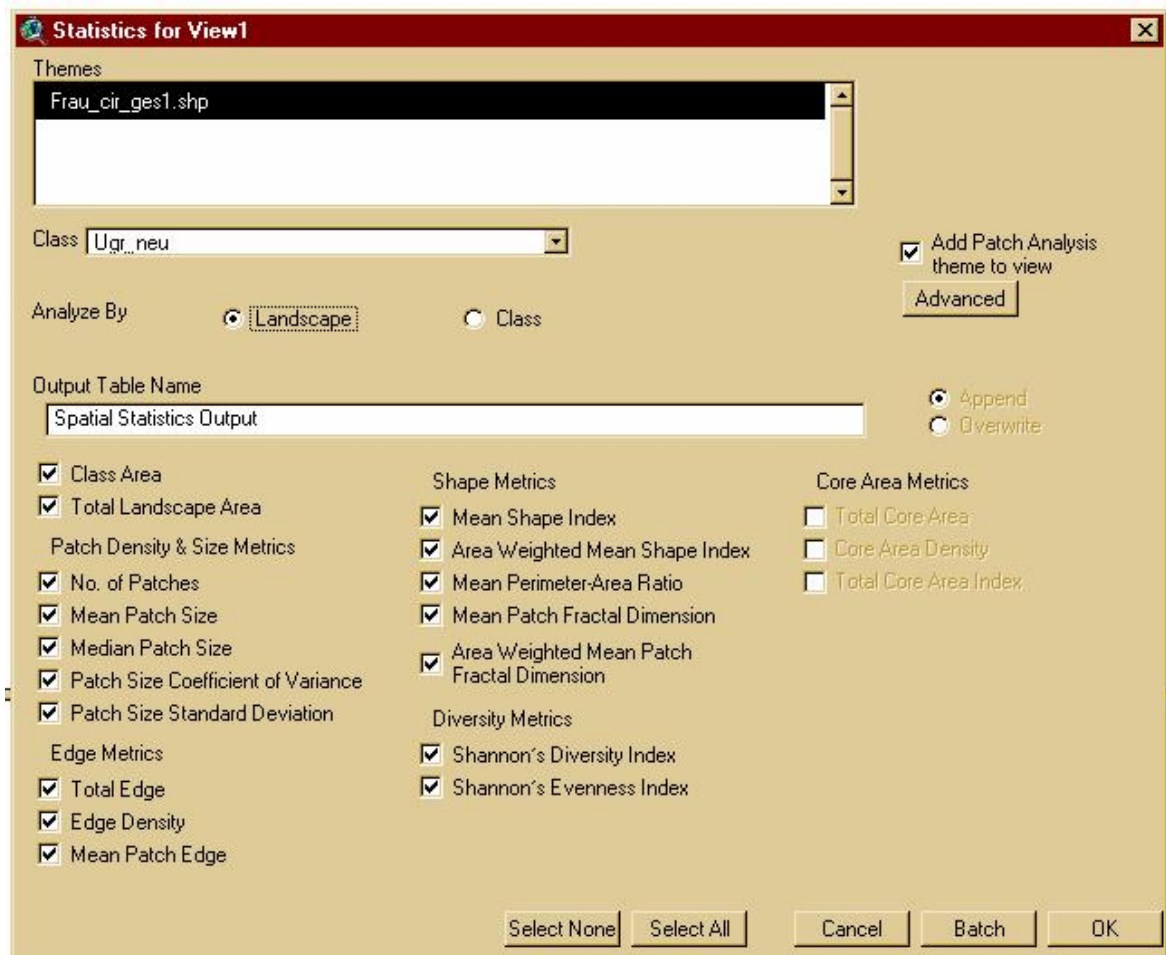


Abb. 15: Auswahlfenster der ArcView-Erweiterung „PatchAnalyst“

5.4.3 Zusammenführung von Linien- und Flächengeometrie

Aus der Digitalisierung der einzelnen historischen Karten lagen jeweils getrennte Dateien für Linien und Flächen vor. Um eine sinnvolle Berechnung von Landschaftsstrukturmaßen durchführen zu können, mussten diese miteinander verschnitten werden. Dazu wurden den jeweiligen Linienklassen (Wege, Wasserläufe, u.a) durchschnittliche Breiten zugeordnet (siehe Tabelle 22), und diese durch Pufferbildung in eine Flächendarstellung umgerechnet. Durch geometrische Verschneidung der Nutzungsflächen mit den nun ebenfalls flächenhaft dargestellten Linienelementen, entstand ein einheitlicher, flächenhafter Datensatz.

Die Arbeitsschritte im Einzelnen:

1. Liniendatensätze nach Klassen in der Reihenfolge der Tabelle 22 einzeln selektieren und Puffer bilden (mit dem Tool „Create ecotone buffers in „PatchAnalyst“).
2. Mit dem Modul Patch Analyst Geoprocessing (PAGeoprocessing) und dem Befehl UNION wurden Flächenlayer und gepufferte Linien verschnitten.
3. Auswertung mit PatchAnalyst

Tab. 22: Zuordnung von durchschnittlichen Breiten zu Linienelementen

Klasse	Attributnummer	Radius in Meter
Fließgewässer	21	2,0
Hecke	60	2,5
Weg	92	2,5
Weg mit Baumreihe	63	3,5
Straße	91	4,0
Straße mit Allee	62	5,0
Bahn	93	4,0

5.4.4 Ausgewählte Indizes

Mit der ArcView-Erweiterung „Patch-Analyst“ lassen sich neben der absoluten Fläche der einzelnen Nutzungsklassen auch Werte zu Größe und Form der Landschaftselemente (Patches), ihrer Verteilung sowie zur Dichte von Grenzlinien zwischen unterschiedlichen Nutzungen errechnen. Eine vollständige Liste zeigt Tabelle 23. Im Folgenden soll nur auf ausgewählte Indizes eingegangen werden, da eine vollständige mathematische Beschreibung der Indizes in der Software-Dokumentation zugänglich ist.

Grenz-(Kanten-)Maße

Die Berechnung von Maßen für die Grenzen zwischen zwei Nutzungen stellt in der Ökologie eine wichtige Bewertungsgrundlage dar. Hintergrund ist die Erkenntnis, dass gerade die Übergänge zwischen verschiedenen Lebensräumen biologisch besonders aktiv sind. Naturgemäß hängen die Maßzahlen für Grenzen – häufig wird auch von Kanten oder Rändern gesprochen – sehr eng mit den Formmaßen zusammen.

Zur *Randlängendichte* werden häufig einfache Linienlängen bezogen auf die Fläche berechnet (FORMAN 1995). So finden z. B. Gehölz- und Waldrandlänge je 250m-Rasterzelle Eingang in das Bewertungsmodell zur Erholungseignung von MARKS et al. (1989). Es wird dabei die Gesamtlänge aller Grenzen in einer Landschaft oder einer Nutzungsklasse auf eine Flächeneinheit standardisiert.

$$\text{Randlängendichte: } ED = \frac{E}{A}$$

Formmaße

Die Form von einzelnen Landschaftselementen kann für bestimmte Fragestellungen sehr bedeutend sein. Im biologischen Bereich ist dabei beispielsweise an Randeffekte wie Schadstoffeinträge zu denken. Generell sind kompakte Formen aus ökologischer Sicht aufgrund der geringeren Randeffekte besser geeignet, Ressourcen zu bewahren. Zerlappte Formen dagegen sind effektiver in der Aufrechterhaltung von Beziehungen zur Umgebung, und netzwerkartige oder labyrinthische Formen übernehmen häufig Transportfunktionen.

Der Form-Index (*Shape-Index*) ist eine Maßzahl für die Komplexität der Fläche im Vergleich zu einer Standard-Fläche gleichen Flächeninhalts. Der Shape-Index gibt für jedes Landschaftselement die Abweichung von einem Vergleichsquadrat gleichen Flächeninhalts an. Der Mittlere Form – Index (*Mean Shape Index*) mittelt die Werte für die jeweilige Nutzungsklasse bzw. den gesamten Landschaftsausschnitt. Die *mittlere Flächengröße* (*Mean Patch Size*) gibt die mittlere Größe der Landschaftselemente an.

$$\text{Form-Index: } S = \frac{U_R}{2\sqrt{\pi A_R}}$$

wobei: A_R = Fläche eines realen Landschaftsobjektes
 U_R = Umfang eines realen Landschaftsobjektes

Tab. 23: Landschaftsstrukturmaße der ArcView-Erweiterung „PatchAnalyst“

Name des Index	Abkürzung	Anwendbar für Vektordaten	Anwendbar für Rasterdaten
Flächenmaße			
Class Area	CA	Y	Y
Total Landscape Area	TLA	Y	Y
Percent of Landscape (%)	%LAND	N	Y
Largest Patch Index (%)	LPI	N	Y
Patch Dichte & Größen-Maße			
No. of Patches	NumP	Y	Y
Mean Patch Size	MPS	Y	Y
Median Patch Size	MedPS	Y	N
Patch Size Coefficient of Variance	PSCoV	Y	Y
Patch Size Standard Deviation	PSSD	Y	Y
Grenz- bzw. Kantenmaße			
Total Edge	TE	Y	Y
Edge Density	ED	Y	Y
Mean Patch Edge	MPE	Y	Y
Contrasted Weighted Edge	CWED	Y	Y
Formmaße			
Mean Shape Index	MSI	Y	Y
Area Weighted Mean Shape Index	AWMSI	Y	Y
Mean Perimeter-Area Ratio	MPAR	Y	N
Mean Patch Fractal Dimension	MPFD	Y	Y
Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	AWMPFD	Y	Y
Landscape Shape Index	LSI	N	Y
Double Log Fractal Dimension	DLFD	N	Y
Nachbarschaftsmaße			
Mean Nearest Neighbour Distance	MNN	Y	Y
Mean Proximity Index	MPI	Y	Y
Vielfalt- und Gleichverteilungsmaße			
Interspersion Juxtaposition Index	IJI	Y	Y
Shannons Diversity Index*	SDI	Y	Y
Shannons Evenness Index*	SEI	Y	Y

Auf der Ebene der Landschaftselemente wurden Auswertungen beispielsweise für den Shape Index und die fraktale Dimension (*Mean Patch Fractal*) durchgeführt. Während der Shape Index mit zunehmender Form-Komplexität steigt, beschreibt die fraktale Dimension die „Flächenfüllung“ der Randlinie eines Landschaftselements. Beide Maße charakterisieren also die Komplexität der Ränder der jeweiligen Elemente.

$$\text{Fraktale Dimension: } D = \frac{2 \ln p_{ij}}{\ln a_{ij}}$$

wobei: a_{ij} = Fläche des Patches ij
 p_{ij} = Umfang des Patches ij

Nachbarschaftsmaße

Die Lagebeziehungen einzelner Landschaftselemente werden insbesondere beim Prinzip des Biotopverbundes sehr anschaulich. Hier sind für die Besiedelung eines Biotopes nach MCARTHUR & WILSON (1967) neben der Flächengröße v.a. die Distanz zu einem nächsten Nachbarn mit ähnlichen Lebensraumcharakteristika maßgebend. Zur Beschreibung der Isolation eines einzelnen Landschaftselementes lässt sich diese als einfache Distanz bestimmen (z.B. *NEAR* im PatchAnalyst). Als Maß für die Isolation bestimmter Flächen eignet sich der *Nachbarschafts-Index (Proximity)*. Dieser bezieht neben den Distanzen zu

mehreren Nachbarn auch deren Flächengröße mit ein. Stehen relativ große Flächen nahe beieinander, so führt dies zu sehr hohen Werten, im Falle von kleinen, isoliert liegenden Flächen zu niedrigen Werten. Der Proximity-Index ergibt mit zunehmender Anzahl benachbarter Patches innerhalb eines Suchradius hohe Werte. Liegen keine Patches innerhalb des Suchradius, dann ergibt sich der Wert 0. Große Werte des Proximity-Index zeigen größere Gleichmäßigkeit und geringere Fragmentierung an. Einbezogen wird nur die Distanz und Fläche der benachbarten Patches, nicht jedoch die Fläche des jeweils betrachteten Patches, so dass sich auch für größere, aber isoliert liegende Flächen kleine Werte ergeben. Da eine maximale Distanz (Suchradius) definiert werden kann, ist es möglich für einzelne ökologische Fragestellungen (z. B. Wanderungsradien von Tieren) nicht mehr relevante Nachbarschaftsbeziehungen auszuschließen.

$$PROXIM = \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$$

wobei: a_{ijs} = Fläche in m² des patches ijs innerhalb einer spezifischen Nachbarschaft des patches ij.
 h_{ijs} = Distanz in m zwischen patch ijs und patch ij, basierend auf einer Kanten zu Kanten-Distanz.

Vielfalt – und Gleichverteilungsmaße

Bei der Vielfalt von Flächeneinheiten kann es sich um Vegetations-, Biotop- oder Flächennutzungs mosaiken oder auch um die naturräumliche Ausstattung handeln. Die Vielfalt einer Landschaft hängt zunächst von der Anzahl der Nutzungsklassen bzw. Biotoptypen ab. Als ein einfaches Maß wird daher die *Anzahl der Landnutzungsklassen* angeführt.

Häufig wird der zur Berechnung der Artenvielfalt innerhalb eines Ökosystems verwendete *Shannon Diversity Index (SHDI)* (SHANNON & WEAVER 1949; TURNER 1989) auch auf der Landschaftsebene zur Charakterisierung der Vielfalt von Flächeneinheiten herangezogen. Die Shannon-Formel ist eine die Entropie bzw. Information jedes beliebigen Systems charakterisierende Formel, die Form und Inhalt der Information außer acht lässt und nur von der Wahrscheinlichkeitsverteilung abhängt. Sie eignet sich für die Berechnung der bioökologischen Mannigfaltigkeit (LESER et al. 1987). Statt der Arten- und Individuenzahlen werden jedoch die Anzahl und der relative Flächeninhalt der einzelnen Nutzungsklassen wie Wald, Agrar- oder Siedlungsflächen an der Landschaftseinheit herangezogen.

$$\text{Shannon - Diversitäts - Index SHDI} = C \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

wobei: P_i = Verhältnis der Fläche der Klasse i zur Gesamtfläche
 -C = Konstante (meist -1), um positive Werte für SHDI zu erhalten

Die Absolutwerte des *SHDI* sind wenig aussagefähig, er wird deshalb als ein relativer Index zum Vergleich verschiedener Landschaften oder derselben Landschaft zu verschiedenen Zeitpunkten genutzt (MCGARIGAL & MARKS 1994).

Die Unregelmäßigkeit der Verteilung gibt der Einstreuungs- und Gleichverteilungs-Index (*Interspersion and Juxtaposition Index IJI*) an. IJI geht gegen Null, wenn die Verteilung der einzelnen Landschaftselemente zunehmend unregelmäßiger wird, während bei einem maximalen Wert von 100 alle Patches gleiche Flächenanteile und eine gleichmäßige Durchmischung aufweisen würden.

$$\text{Einstreuungs – und Gleichverteilungs – Index} \quad IJI = \frac{- \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{e_{ijk}}{E} \right) * \ln \left(\frac{e_{ijk}}{E} \right) \right]}{\ln(1/2[m(m-1)])} * 100 \quad \text{wobei:}$$

e_{ik} = Randlänge zwischen den Klassen i und k
 E = Länge aller Ränder in der Landschaft
 m = Anzahl der vorhandenen Nutzungsklassen

Moving-Window

Als weitere Möglichkeit Aussagen zur Nutzungsvielfalt abzuleiten bietet sich die „Moving-Window“-Technologie an. Dabei wandert bei der Auswertung von Rasterdaten ein Auswertungsfenster mit vorher bestimmter Größe und Form über das gesamte Bild, so dass jedes Pixel einmal als Zentralpixel dieses Fensters auftritt. Dem Zentralpixel wird jeweils ein über die umgebenden Pixel innerhalb des Fenster berechneter statistischer Wert zugeordnet. In diesem Fall ist dies die Anzahl der Nutzungsklassen im Auswertefenster. Das Analysefenster kann Quadratisch, rechteckig oder kreisförmig sein. Die Stärke dieser Methode liegt in der Berechnung von Werten, die sich auf die direkte Umgebung beziehen, ohne dass vorher Bezugsräume wie Choren, Rasterflächen o.ä. festgelegt werden müssen.

Für das Kartenblatt Frauenstein sind beispielhaft für die Zeitschnitte 1992, 1930 (siehe Abbildung 16) und 1780 (Darstellung auf CD) Auswertungen erfolgt und Landschaftsmaße berechnet worden.

Die Nutzungsvielfalt für das Blatt Frauenstein wurde mittels Moving-Window mit einem kreisförmigen Ausschnitt (Durchmesser 500 Meter) ausgewertet. Die entstandene Karte zeigt für den jeweiligen Punkt im Umkreis von 500 Metern die Anzahl der unterschiedlichen Nutzungsklassen. In der Darstellung (Abbildung 16) bedeuten dunklere Farbtöne eine höhere Zahl unterschiedlicher Nutzungen.

In Abbildung 16 ist ebenfalls der Formindex im Untersuchungsgebiet Frauenstein beispielhaft dargestellt. Nutzungseinheiten mit hoher Formkomplexität (entspr. starker Abweichung von einem Kreis gleichen Flächeninhalts s.o.) heben sich durch dunkle Farbtöne ab. Die absoluten Zahlenwerte des Formindex sind dimensionslos, so dass nur ein relativer Vergleich der Ergebniswerte untereinander Sinn macht. In Abbildung 16 erfolgte daher eine ordinale Skalierung der Ergebniswerte.

Ergebniswerte für Landschaftsmaße über das gesamte Kartenblatt mit allen Nutzungsarten zeigt Tabelle 24. Zusätzlich wurde die Nutzungsklasse Grünland herausgegriffen.

Für das gesamte Kartenblatt gilt, dass die mittlere Flächengröße der einzelnen Nutzungseinheiten zwischen 1930 und 1992 deutlich zugenommen hat (von 1,3 ha auf 3,2 ha). Dies zeichnet sich beim Grünland noch deutlicher ab (von 0,75 ha auf 4,35 ha). Abnehmender Formindex und fraktale Dimension zeigen im Falle des Grünlands ebenfalls eine zwischen 1930 und 1992 abnehmende Komplexität der einzelnen Nutzungseinheiten.

Aufschlußreich ist neben der abnehmenden Zahl von Nutzungsgrenzen zwischen allen Nutzungen der steigende Werte für den Einstreuungs- und Gleichverteilungsindex. Dieser besagt nämlich, dass die Nutzungseinheiten (Patches) 1992 deutlich gleichmäßiger verteilt sind, die Landschaft also regelmäßiger wurde. Diesen Trend zeigen auch der Nachbarschaftsindex (Proximity) und die Shannon-Vielfalt.

Tab. 24: Statistische Auswertungen zur Entwicklung der Landschaftsstruktur für das gesamte Blatt Frauenstein und das Beispiel Grünland

Beispiel Grünland	1992	1930
Anzahl Elemente	966	2577
Mittlere Flächengröße	4,35 ha	0,75 ha
Mittl. Shapeindex	1,81	1,95
Mittl. Fraktale Dim. (flächengewichtet)	1,3	1,4
Alle Nutzungen	1992	1930
Mittlere Flächengröße	3,2 ha	1,3 ha
Kantendichte	274 m/ha	576 m/ha
Einstreuungs- und Gleichverteilungs-Index	66,8	58,3
Nachbarschafts-Index (Proximity)	2720	988,19
Shannon-Vielfalt	1,48	1,96

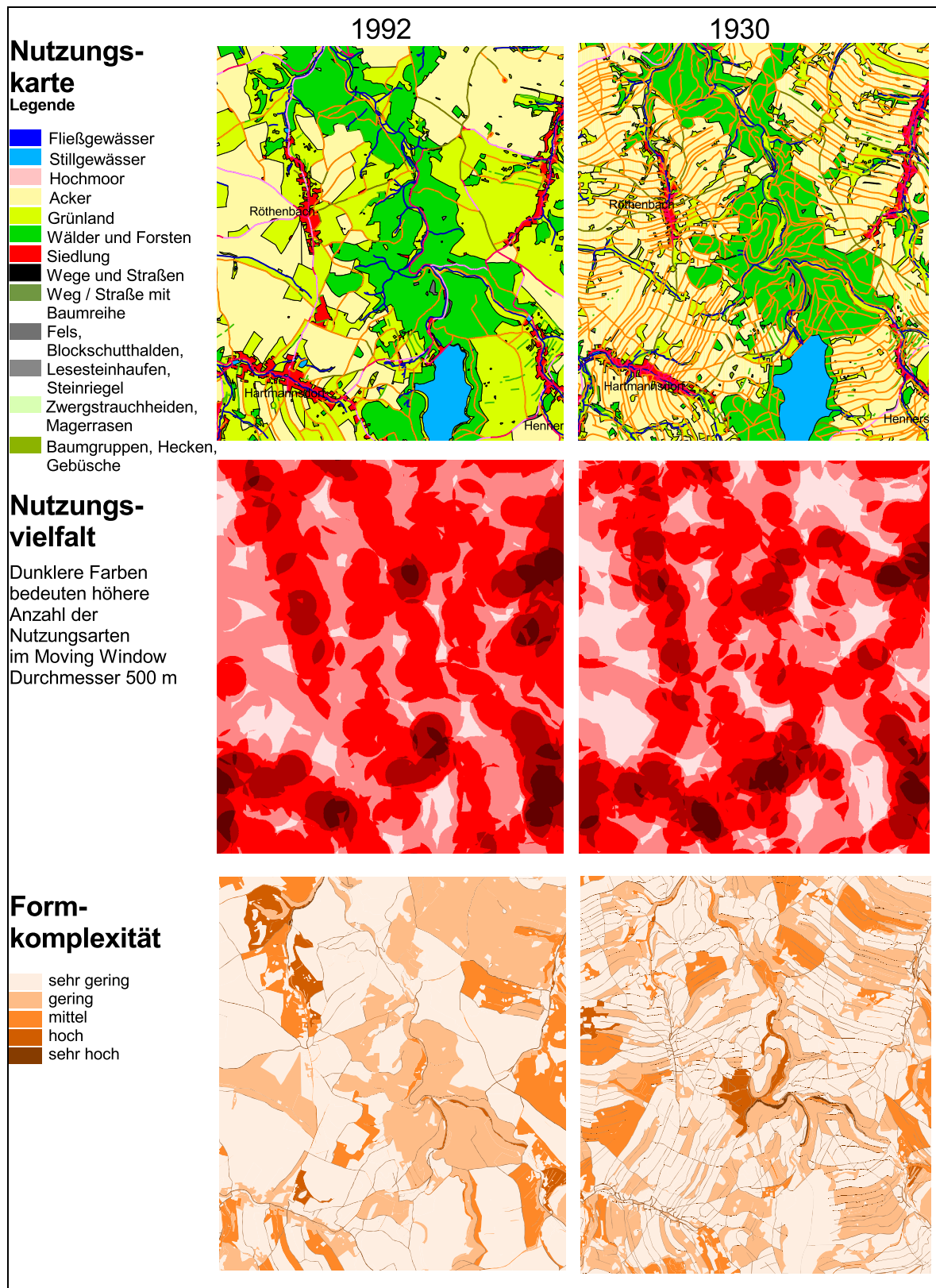


Abb. 16: Entwicklung der Landschaftsstruktur im Gebiet Frauenstein

5.5 Ausschnitt mit erhöhter Genauigkeit - Detailkarte Frauenstein

Für die F&E-Studie stand die Erfassung und Ableitung großräumiger Veränderungen im Vordergrund. Die Legende für die Digitalisierung der jeweiligen gesamten Kartenblätter orientierte sich daher an den Hauptnutzungsarten. Die Erfassung kleinräumiger Landschaftselemente wie Feuchtwiesen, Steinriegel, Gehölze, Felsen, Steinbrüche wurde darüber hinaus in einem Ausschnitt des Kartenblattes Frauenstein erprobt. Dabei wurden nicht nur die genannten Elemente in die Legende aufgenommen, sondern auch eine höhere Digitalisierungsgenauigkeit angestrebt. Dadurch lassen sich Veränderungen im kleinteiligen Nutzungsmuster wie Waldrandveränderungen oder die Veränderungen im Grünland genauer auswerten (vgl. Tabelle 25 sowie Abbildung 17).

Folgende Schlüsse sind aus der Bearbeitung des Detailausschnittes zu ziehen:

- Der Arbeitsaufwand ist erwartungsgemäß um ein Vielfaches höher. Der stundenmäßige Aufwand war etwa 2-3-fach erhöht. Da der Ausschnitt ein sehr vielfältig strukturiertes Gebiet umfasst, würde dies allerdings nicht für alle Kartenblätter mit diesen Faktor hochgerechnet werden können.
- Die Landschaftselemente wie Steinriegel und Feuchtwiesen sind in den Meilenblättern mit relativ hoher Zuverlässigkeit enthalten. Dies eröffnet vor allem aus naturschutzfachlicher Sicht eine wichtige Möglichkeit die Entwicklung solcher Elemente zu verfolgen.
- Die höhere Detailgenauigkeit ist nur bis zu einem gewissen Grad sinnvoll, da unterschiedliche Aufnahmemaßstäbe, Genauigkeiten und Referenzsysteme der historischen Karten die mögliche Genauigkeit begrenzen.

Tab. 25: Flächennutzung der Detailkarte Frauenstein (Fläche des Ausschnittes: ca. 2500 ha)

Nutzungsklasse	Fläche im Meilenblatt	Fläche im Messtischblatt
Acker	1415 ha	1020 ha
Wald	884 ha	973 ha
Siedlung	19,8 ha	40 ha
Grünland	190,9 ha	329,5 ha

Detailkarte Frauenstein

Meßtischblatt 1910, einzelne Nachträge 1937



Sächsisches Meilenblatt 1784/85

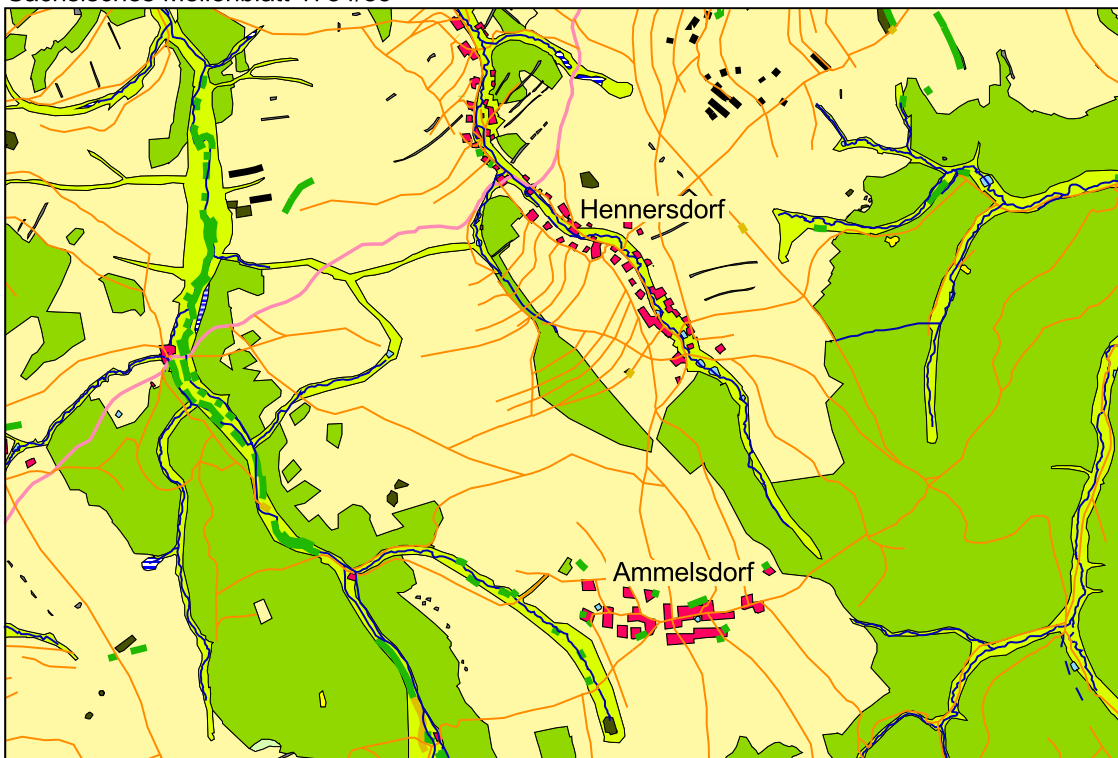


Abb. 17: Entwicklung der Flächennutzung in der Detailkarte Frauenstein

6 Arbeitsaufwand

6.1 Arbeitsaufwand für die bearbeiteten Testgebiete

Eine Verallgemeinerung des Arbeitsaufwandes ist schwer möglich, da er von vielfältigen Faktoren abhängt. Zum einen sind die zwei untersuchten Kartenblätter in ihrer Nutzungsstruktur sehr unterschiedlich und erfordern einen, vom Karteninhalt vorgegebenen Zeitaufwand (z.B. Wegenetz im Blatt Frauenstein). Weiterhin ist der Zeitbedarf abhängig vom Bearbeiter und dessen Kenntnissen im Umgang mit dem Geoinformationssystem ArcView. Die Leistungsfähigkeit der verwendeten Rechentechnik etc. sind weitere Faktoren.

Die Arbeitszeit zum Erstellen der Datenbasis setzt sich aus dem Zeitbedarf für Vorarbeiten sowie der Zeit zum eigentlichen digitalisieren bzw. editieren und zur Homogenitäts- und geometrischen Lagekontrolle der Daten zusammen.

Die Arbeitszeiten für die einzelnen Vorarbeitsschritte sind in Tabelle 26 festgehalten (vgl. Kap. 4.2). Zumindest der Aufwand für die Vorarbeiten zum Scannen und georeferenzierten der Kartengrundlagen könnten für eine landesweite Auswertung effektiviert werden, wenn eine Mehrfachnutzung der Datengrundlagen durch andere Behörden gegeben ist. Offensichtlich besteht von verschiedener Seite Interesse an der Auswertung der historischen Kartenwerke. So werden diese vom Landesamt für Archäologie zwar digital aber ohne Georeferenzierung genutzt. Weiterhin hat die Landesanstalt für Forsten ebenfalls auf der Grundlage der Sächsischen Meilenblätter eine Studie zur Waldentwicklung in Sachsen anfertigen lassen¹⁰.

In Tabelle 26 sind die benötigten Arbeitszeiten für das Digitalisieren bzw. Editieren sowie zur Datenkontrolle beider Gebiete getrennt nach Flächen und Linien dargestellt.

Der hohe Wert von 75 Stunden zum Digitalisieren bzw. Editieren der Linien im Meilenblatt Riesa ist bedingt durch die niedrige Auflösung der gescannten Kartenvorlage, welche die Erkennbarkeit der Linien stark einschränkt.

Insgesamt ergibt sich ein Zeitbedarf für Vorarbeiten, Digitalisieren und Editieren von 430 Stunden für das Untersuchungsgebiet Riesa-Pausitz und von 383 Stunden für das Gebiet Frauenstein (Summen aus Tabellen 26 sowie 27). Diese hohen Werte könnten durch einige Maßnahmen verringert werden, so z.B. durch Verwendung besserer gescannter Kartenvorlagen (Auflösung min. 300 dpi) oder eine Modifikation der Methodik.

Tab. 26: Zeitbedarf für Vorarbeiten der bearbeiteten Beispielblätter

Bearbeitungsschritt	Zeitbedarf [h] für Blatt Riesa-Pausitz	Zeitbedarf [h] für Blatt Frauenstein
Entpacken und Einspielen der CIR-Daten	3	3
Messtischblatt scannen und georeferenzieren	1	1
Äquidistantenkarte scannen und georeferenzieren	3	3
Meilenblatt scannen, georeferenzieren und mosaikieren	15,5	13
<i>Summe</i>	<i>22,5</i>	<i>20</i>

¹⁰ Erforschung und Darstellung der historischen Waldentwicklung im Freistaat Sachsen seit dem 16. bzw. 18.- Jahrhundert. Erfassung und Verschneidung der Waldbestände Sachsens in den Kartenwerken u.a. von Öder-Zimmermann (16.Jhd.) und der Sächs. Meilenblätter (18.Jhd.) mit dem heutigen Waldbestand (ATKIS-Daten). Georeferenzierung und Digitalisierung der historischen Kartenwerke und Bearbeitung und Darstellung im GIS ArcView/ ArcInfo. Ausgabe im Blattschnitt und Maßstab der TK 100 und für das Sächs. Übersichtskartenwerk. Ausführung durch die Dresdner Firma GeoBild im Auftrag der Sächs. Landesanstalt für Forsten. Quelle: <http://www.geobild.de>

Tab. 27: Zeitbedarf zum Digitalisieren (schwarz) bzw. Editieren/Kontrollieren (rot) der bearbeiteten Beispielblätter

Kartenwerk bzw. Datensatz	Zeitbedarf [h] für Blatt Riesa-Pausitz			Zeitbedarf [h] für Blatt Frauenstein		
	Flächen	Linien	Gesamt	Flächen	Linien	Gesamt
CIR-Biotypen- und Landnutzungskartierung	0/1	0/1	0/2	0/1	0/1	0/2
Messtischblatt	80/30	60/30	140/60	80/30	69/0	149/30
Äquidistantenkarte	35/10	45/0	80/10	50/15	45/0	95/15
Meilenblatt	30/10	75/0	105/10	30/10	32/0	62/10
Summe	145/51	180/31	325/82	160/56	146/1	306/57

6.2 Abschätzung des Aufwandes für eine Sachsen-weite Untersuchung

Wie bereits unter 6.1 beschrieben, ist eine Abschätzung des Arbeitsaufwandes aufgrund vielfältiger Einflussfaktoren schwierig und mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. In Tabelle 28 wird dennoch der Versuch unternommen, den Zeitaufwand für eine Sachsen-weite Bearbeitung abzuschätzen. Dabei wurden die mittleren Werte der durchgeführten Bearbeitung zu Grunde gelegt und mit der Blattzahl der jeweiligen Kartenwerke multipliziert.

Die landesweite Bearbeitung in der für die Testgebiete durchgeführten Form würde demnach fast 53000 Arbeitsstunden bedürfen, was 6625 Arbeitstagen zu je acht Stunden entspricht. Hinzu kommen noch Aufwendungen für die Beschaffung der Kartenwerke.

Tab. 28: Abschätzung des Aufwandes für eine Sachsen-weite Untersuchung

Arbeitsschritt	Aufwand für ein Einzelblatt [h] ¹	Aufwand Sachsen-weit	
		Blattanzahl ²	Zeitaufwand [h]
Vorarbeiten	21		3159
<i>Davon für</i>			
- CIR-Daten	3	156	468
- Messtischblätter	1	156	156
- Äquidistantenkarten	3	145	435
- Meilenblätter	14	150 ³	2100
Digitalisieren, Editieren sowie Kontrolle	367		49554
<i>Davon für</i>			
- CIR-Daten	2	137	274
- Messtischblätter	190	137	26030
- Äquidistantenkarten	100	132	13200
- Meilenblätter	75	134 ³	10050
Gesamt	388		52713

¹ Die Angaben sind als Mittelwerte (vgl. Tab. 26 und 27) zu verstehen, da der Aufwand je nach Karteninhalt bzw. Strukturreichtum erheblich schwanken kann

² Die Blattanzahl bezieht sich teilweise auf unterschiedliche Abdeckungsgebiete bzw. Blattsschnitte, vgl. Abb. 3 bis 5; Grenzblätter werden nur teilweise ausgewertet, daher unterscheidet sich die Anzahl zwischen Vorarbeiten und Digitalisieren

³ Aufgrund des Maßstabsunterschiedes wurden die Angaben auf 1:25.000-Karten umgerechnet

6.3 Vorschläge zur Aufwandsreduzierung

Um den Arbeitsaufwand zu verringern, bieten sich verschiedene Möglichkeiten. Einerseits wird die Bearbeitung für größere Gebiete effektiver und benötigt damit weniger Zeitaufwand für die einzelnen Blätter. Andererseits können Teile der Untersuchung weggelassen werden, was jedoch mit einem Verlust an Informationen verbunden ist.

Das Auslassen einzelner Zeitschnitte, insb. des Messtischblattes, führt zu einer Verlagerung des Aufwandes, da zu dieser Zeit gegenüber heute die intensivste Veränderung der Landschaft stattgefunden hat. Die ungefähre Reduzierung des Zeitbedarfes beim Auslassen einzelner Zeitschnitte ist in Tabelle 29 dargestellt.

Eine weitere Generalisierung der Legendentiefe wird nicht befürwortet, da somit der Wert der Arbeit für den angestrebten Zweck nicht mehr erfüllt werden kann. Eine vertiefte, umfassendere Arbeit, wie sie für ein Teilgebiet des Blattes Frauenstein erfolgte, ist mit einem erheblichen Mehraufwand (2-3 facher Zeitaufwand) verbunden. Diese Variante sollte lediglich für besonders interessante Teilgebiete und nur wenn spezielle Nutzungsanforderungen vorliegen durchgeführt werden.

Weitere Möglichkeiten zur Einschränkung des Arbeitsaufwandes bietet die Nutzung bereits vorliegender Daten zur historischen Landschaftsentwicklung (z.B. vom Umweltforschungszentrum Leipzig, Landesanstalt für Forsten, Sächsische Akademie der Wissenschaften, Institut für ökologische Raumentwicklung, Universitäten Dresden und Leipzig, Planungsbüros etc.). Nach diesen Materialien sollte recherchiert und die Vergleichbarkeit der vorhandenen Auswertungen überprüft werden.

Als Empfehlung aus dieser Studie wird vorgeschlagen die Äquidistantenkarte auszulassen, sich also nur auf Meilenblatt, Messtischblatt und heutige Nutzung zu beschränken. Dafür spricht, dass die Äquidistantenkarten sich inhaltlich stark an den Meilenblättern orientiert, aus denen sie abgeleitet wurden. Weiterhin wurde eine starke Generalisierung vorgenommen. Ab 1900 liegen bereits Messtischblätter vor, so dass auf diese ausgewichen werden sollte.

Eine weitere Möglichkeit, den Aufwand einzuschränken bestünde darin, keine flächendeckende landesweite Untersuchung durchzuführen, sondern jeweils nur ein Viertelmesstischblatt zu kartieren, bzw. Ausschnitte aus Messtischblättern repräsentativ aus den naturräumlichen Einheiten auszuwählen.

Tab. 29: Vergleich des Arbeitsaufwandes unterschiedlicher Varianten

Variante	Arbeitsaufwand [h]
Variante 1 – Vergleich von CIR-Daten, Messtischblättern, Äquidistantenkarten und Meilenblättern (durchgeführte Variante)	ca. 53000
Variante 2 – Vergleich von CIR-Daten, Messtischblättern und Meilenblättern	ca. 39000 ¹
Variante 3 – Vergleich von CIR-Daten und Meilenblättern (Minimalvariante)	ca. 29000

¹ Ein vergleichbarer Wert würde sich ergeben, wenn die Zeitebene Messtischblatt anstatt der Zeitebene Äquidistantenkarten entfällt

7 Schlussfolgerungen

In der Ermittlung und Aufbereitung der Kartengrundlagen können folgende Punkte festgehalten werden:

- Eine Georeferenzierung und Einbindung der historischen Kartengrundlagen, auch der Meilenblätter, in ein Geographisches Informationssystem sind mit hinreichender Genauigkeit möglich. Die Grundlage für eine quantitative Darstellung der Entwicklung der Landnutzung ist damit geschaffen.
- Die historischen Kartenwerke, insbesondere die Sächsischen Meilenblätter von ca. 1780 und die Messtischblätter ab der Jahrhundertwende beinhalten Informationen zu naturschutzfachlich relevanten Nutzungen in genügender Detailschärfe.
- Im Falle der Meilenblätter sollte die Berliner Ausgabe für naturschutzfachliche Auswertungen dem Freiburger Exemplar vorzuziehen sein, auf eine hohe Auflösung der digitalen Bilddaten ist zu achten (mind. 300 dpi).

Im Ergebnis zeigt die F&E-Studie, dass die digitale Aufbereitung der historischen Kartenwerke Vorteile bringt, die nicht zu unterschätzen sind:

- Eine übersichtliche, vergleichende Darstellung des Entwicklungsverlaufes für Visualisierungszwecke wird ermöglicht. Wichtige spezifische Sachverhalte können anschaulich dargestellt werden. Die Darstellung aller Zeitschnitte mit einheitlicher Legende ermöglicht einen schnellen visuellen Vergleich.
- Es können Statistiken zu der Entwicklung von Längen- und Flächenanteilen bestimmter Nutzungsarten abgeleitet werden und damit Interpretationen der Landschaftsentwicklung mit konkreten Zahlen belegt werden.
- Es können Statistiken zur Struktur der historischen und der heutigen Landschaft abgeleitet werden. Damit kommt man einer funktional orientierten Bewertung der Landschaftsentwicklung näher. Reine Auswertungen zu Flächenanteilen dagegen sagen nichts über die möglichen funktionalen Beziehungen im abiotischen und biotischen Landschaftshaushalt aus.
- Die digitale Aufbereitung und vor allem die Georeferenzierung erlauben die Überlagerung der Daten mit beliebigen anderen, in gleicher Projektion georeferenzierten Datenebenen. Auf diese Weise wird es z.B. möglich Planungen wie Biotopverbundplanungen, die selektive Biotopkartierung oder Landschaftspläne mit den historischen Daten zu überlagern und Analysen durchzuführen.
- Aufgrund der unterschiedlichen Strukturierung der beiden Kartenblätter wurden zwei Extreme hinsichtlich der Elementdichte, der vorkommenden Nutzungsarten und des damit verbunden Aufwandes bearbeitet. Andere Kartenblätter des Freistaates dürften sich in der Regel zwischen diesen Extremen einordnen. Allerdings können in anderen Regionen bestimmte Biotop- bzw. Nutzungstypen auftreten, die hier nicht so sehr im Vordergrund standen (z.B. Weinbau, Obstbaumwiesen, Altarme in Auelandschaften, Auwälder). Eine genaue Aussage zur Vergleichbarkeit dieser Nutzungstypen kann nicht getroffen werden.
- An Linien- und Flächenelemente innerhalb der einzelnen Kartenblätter sind kleinteilige Landschaftselemente wie Hecken, Gehölze, Steinriegel u.ä. in ihrer Anzahl kaum über alle Zeitebenen vergleichbar. Gewässer, sowohl Fließ- als auch Stillgewässer sind dagegen durchaus vergleichbar. Zwischen MTB und CIR besteht generell eine gute Vergleichbarkeit. Kaum vergleichbar ist das Wegenetz (nicht Straßen !) aufgrund vermutlich starker unterschiedlicher Generalisierung (s.u.).
- Auffällig ist eine starke Verringerung des Wegenetzes insbesondere zwischen Meilenblatt und Messtischblatt. Die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Kartenwerke ist durch die Generalisierung bei der kartographischen Aufnahme

teilweise eingeschränkt. Ganz sicher ist in den Meilenblättern nur eine vereinfachte Darstellung des Wegenetzes vorgenommen worden. Möglicherweise hat aber auch eine Zunahme des Wegenetzes in späteren Zeiten (Äquidistantenkarte) durch Flurbereinigungen stattgefunden.

- Ebenfalls zu beachten ist der unterschiedliche Maßstab der Kartenwerke. Die CIR-Kartierung wurde auf 1:10.000-Karten übertragen, dagegen wurden die Messtischblätter und Äquidistantenkarten im Maßstab 1:25.000, die Meilenblätter im Maßstab 1:12000 erhoben. Der Grad der Generalisierung kann mit Ausnahme der Messtischblätter nur vermutet werden. Für die Messtischblätter gibt es detaillierte Zeichenvorschriften, die auch Angaben über die Generalisierung enthalten. Zur inhaltlichen Generalisierung gibt es nur Vorschriften für CIR-Kartierung und Messtischblätter, für die anderen Zeitschnitte kann dies nur interpretiert werden.

Es ist festzustellen, dass sich die Methode des Editierens eines vorhandenen Ausgangsdatensatzes grundsätzlich bewährt hat. Folgende Punkte haben sich während der Bearbeitung herausgestellt:

- Die Funktionalität des GIS ArcView für die hier beschriebene Untersuchung ist verbesserungswürdig. Dies begründet sich durch die Trennung der Linien- und Polygoneometrie, die bei der Arbeit mit diesem System notwendig ist. Abhilfe könnte diesbezüglich nur ein anderes GI-System schaffen. Die Fehlerquellen durch doppeltes digitalisieren von Flächengrenzen und Linien können aber auch minimiert werden, indem zur Digitalisierung beide Elemente einbezogen werden. So können bei der Digitalisierung der Flächengrenzen bereits digitalisierte Linien gute Anhaltspunkte zur Schaffung einer einheitlichen Geometrie bieten.
- Es sollte jeweils ein Zeitschnitt fertig digitalisiert und einer vollständigen Kontrolle unterzogen werden, bevor er als Grundlage der Arbeiten am nächsten zurückliegenden Zeitschnitt herangezogen wird. Die Bearbeitung eines Ausschnittes durch alle Zeitschnitte durch nur einen Bearbeiter wäre vorteilhaft.
- Die CIR-Biotoptypenkartierung ist in Ihrer inhaltlichen Tiefe sehr detailliert. Bei der Erstellung einer einheitlichen Legende für alle Zeitschnitte steht man vor dem Problem bestimmte Nutzungsklassen, die in den topographischen Kartenwerken nicht erfasst wurden, einer anderen Nutzungsklasse zuschlagen zu müssen.

Vorschläge zur weiteren Verfahrensweise

- Für eine landesweite Untersuchung sollten zumindest die Kartenwerke CIR-Daten, Messtischblätter und Meilenblätter genutzt werden.
- Eine weitere Einschränkung der inhaltlichen Tiefe wird nicht befürwortet, da sie den Anspruch der Ableitung naturschutzfachlich relevanter Flächeninformationen nicht mehr erfüllen kann.
- Da es bereits eine Vielzahl historischer Landschaftsuntersuchungen in Sachsen gibt, sollte nach diesen Materialien recherchiert werden.
- Eine landesweite Untersuchung kann durch eine Untersuchung repräsentativer Standorte ersetzt werden, dabei sollten die sächsischen Naturräume berücksichtigt werden.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

- AKAD. D. WISS. (Hrsg., 1977): Um Oschatz und Riesa: Ergebnisse der heimatkundlichen Bestandsaufnahme in den Gebieten Wellerswalde, Riesa, Oschatz und Stauchitz. Werte unserer Heimat, Band 30, Akad.-Verl., Berlin, 255 S.
- AKAD. D. WISS. (Hrsg., 1966): Östliches Erzgebirge: Ergebnisse der heimatkundlichen Bestandsaufnahme im Gebiet Frauenstein/Nassau (Teil I), Aufsätze zur Natur, Geschichte und Kultur des östlichen Erzgebirges (Teil II). Werte der deutschen Heimat, Band 10, Akad.-Verl., Berlin, 258 S.
- BERNHARDT, A. (1986): Anthropogene geoökologische Veränderung der kleineren Offenland-Hohlformen am Erzgebirgsnordrand im 20. Jahrhundert - Ein Beitrag zum Landschaftswandel. In: Billwitz, K., Jäger, K.-D. und Janke, W.: Jungquartäre Landschaftsräume - Aktuelle Forschungen zwischen Atlantik und Tienschan. Springer-Verlag, S. 272 - 291
- BERNHARDT, A.; JÄGER, K.-D. (1985): Zur gesellschaftlichen Einflußnahme auf den Landschaftswandel in Mitteleuropa in Vergangenheit und Gegenwart. In: Beiträge zum Problemkreis des Landschaftswandels. Sitzungsberichte der Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig. Bd. 117, H. 4, Leipzig, S. 5 - 56
- BLASCHKE, T. (1997): Landschaftsanalyse und -bewertung mit GIS. Methodische Untersuchungen zu Ökosystemforschung und Naturschutz am Beispiel der bayrischen Salzachauen. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Verlag der Deutschen Akademie für Landeskunde, Bd. 243, Trier, 320 S.
- BÖHM, R.; GROßER, A. (1998), Was ist eigentlich ein Weg? – Erhebungen zum Wegenetz im östlichen Winterberggebiet. Sächsische Schweiz Initiative online. Heft 15
- BRICHZIN, H. (1998): Bild- und Augenscheinkarten des 16. und 17. Jahrhunderts im Sächsischen Hauptstaatsarchiv Dresden. Tagungsführer 47. Deutscher Kartographentag 1998 in Dresden; S.60.
- BRUNNER, H. (1996): Historische Landesvermessungen in Sachsen. Landesverein Sächs. Heimatschutz, Mitteilungen 1: 2-13.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (1995): Systematik der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung (Kartieranleitung) - Standard-Biotoptypen und Nutzungstypen für die CIR-Luftbild-gestützte Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung für die Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 45, Bonn
- ECKER, K.; WINIWARTER, V. (1998): Computergestützte Methoden zur Einbeziehung von geschichtlichen Entwicklungsprozessen in die aktuelle Landschaftsplanung. In: Schrenk, M. [Hrsg.]: Computergestützte Raumplanung. Beiträge zum Symposium CORP '98, Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, Wien 1997 (Internet: <http://www.iemar.tuwien.ac.at/corp/html/winiwarter.html>)
- EWALD, K. C. (1978): Der Landschaftswandel: Zur Veränderung schweizerischer Kulturlandschaften im 20. Jahrhundert. Naturforschende Gesellschaft Baselland und Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmendorf.
- FORMAN, R. T. T. (1995): Some general principles of landscape and regional ecology. In: Landscape Ecology, 10 (3): 133-142; The Hague.
- HERZ, K. (1984): Evolution der Landschaftssphäre. Geographische Berichte, 111 Heft 2/1984, Verlag Hermann Haack, Gotha, S. 81 - 90
- JÄGER, H. (1994): Einführung in die Umweltgeschichte. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt

- KIENAST, F.; FRANK, C.; LEU, R. (1991): Analyse raum-zeitlicher Daten mit einem Geographischen Informationssystem. In: Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 328
- KINDLER, A. (1999): Landnutzungsänderungen im Torgauer Raum zwischen 1850, 1930 und 1993. In: Horsch, H.; Ring, I. [Hrsg]: Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung - Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeinzugsgebiet. UFZ-Bericht Nr. 16/1999, Leipzig, S. 45-62.
- KONOLD, W. (1996): Naturlandschaft - Kulturlandschaft: Die Veränderung der Landschaften nach der Nutzbarmachung durch den Menschen. Landsberg.
- KRATZ, R.; SUHLING, F. [HRSG.] (1997): Geographische Informationssysteme im Naturschutz: Forschung, Planung, Praxis. Magdeburg.
- LAMBRECHT, J. (1998): Bericht über eine vergleichende Durchsicht der Meilenblätterbestände im SächsHStA, im SächsBergA und in der SLUB, internes Material der SächsHStA
- LESER, H., & HAAS, H.-D., & MOSIMANN, T., & PAESLER, R. (1987): Diercke-Wörterbuch der Allgemeinen Geographie. - 2 Bde: 422 und 421 S.; Braunschweig.
- LI, H., REYNOLDS, J. F. (1993): A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes. - Landscape Ecology, 8 (3): 155-162; The Hague.
- LFUG (Hrsg., 2000): Color-Infrarot-(CIR-) Biotoptypen- und Landnutzungskartierung. Materialien zu Naturschutz und Landschaftspflege, CD-ROM.
- LFUG (1993): Biotopkartierung in Sachsen – Kartieranleitung. Stand: März 1993
- MARKS, R., & MÜLLER, M. J., & LESER, H., & KLINK, H. J. (1989): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushalts. - Forschungen zur deutschen Landeskunde, 229: 222 S.; Trier.
- MATHEY, J., SEICHE, K. & SCHUMACHER, U. (1999): Einfluß von Flächennutzungsänderungen auf die Habitatqualität im Außenbereich von Mittelstädten - das Fallbeispiel Riesa und Umland. In: STEINHARDT, U., VOLK, M. (Hrsg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie - Forschung, Planung, Praxis. Stuttgart; Leipzig: Teubner, S. 345 - 348.
- MCCARTHUR, R. H., & WILSON, E. O. (1967): The theory of island biogeography. - 203 S.; Princeton.
- MCGARIGAL, K., & MARKS, B. J. (1994): FRAGSTATS. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. - Version 2.0: 67 S.; Corvallis.
- NEUBERT, M.; WALZ, U. (2000): Der Landschaftswandel im Raum Pirna - eine Untersuchung auf der Grundlage des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems und des Vergleiches historischer topographischer Karten. Mitteilungen des Landesvereins Sächsischer Heimatschutz 1/2000, Dresden, S. 19 - 27
- NEUBERT, M. (1998): GIS-gestützte Untersuchung des Landschaftswandels - Auswertung von ATKIS-Daten und historischen topographischen Karten in einem Beispielraum der TK 25 Pima. Internet: <http://rcswww.urz.tu-dresden.de/~mneubert/beleg.htm>
- SHANNON, C., & WEAVER, W. (1949): The mathematical theory of communication. - 117 p.; Urbana.
- STAMS, M.; STAMS, W. (1981): Die Große Topographische Landesaufnahme in Sachsen von 1780 bis 1811 und ihre Folgekarten. In: SächsHeimatbl. 27(1981)5, S. 197-212
- STAMS, W. (1997): Inhalt und Aussage der sächsischen Meilenblätter. In: Burgenforsch. Aus Sachsen 10(1997). Weißbach 1997.
- STAMS, M.; STAMS, W. (1998): Sachsen im Kartenbild – Amt, Burg und Stadt Stolpen in alten Karten und Plänen, Stolpen 1998.

- TÖPFER, F. (1981): 200 Jahre topographische Landesaufnahme in Sachsen. In: VermTechnik 29(1981)4, S.122 ff.
- TREITSCHKE, K. (1921): Die Landesaufnahme von Sachsen 1780 bis 1921. In: BtrrDtKartogr. Hrsg. Von Hans Praesent. Leipzig 1921, S. 47-60.
- TROITZSCH, U. (1989): Umweltprobleme im Spätmittelalter und der Frühen Neuzeit aus technikgeschichtlicher Sicht. In: Herrmann, B. [Hg.]: Umwelt in der Geschichte, Göttingen: 89 – 110.
- TURNER, M. G. (1989): Landscape ecology: the effect of pattern on process. - Annual review of ecology and systematics, **20**: 171-197; Palo Alto.
- VON ZANTHIER, H. (1968): Zur Geschichte der Sächsischen Landesaufnahme. In: „Sächsische Heimat“ Mitteilungen der Bundeslandsmannschaft Sachsen, Heft 7, 1968.
- WALZ, U. (1997): Landschaftsveränderungen im Vogtland. Mitt. Landesverein Sächs. Heimatschutz **2** (1997): 20-26. Dresden.
- WALZ, U. (1999) [HRSG]: Erfassung und Bewertung der Landschaftsstruktur. IÖR-Schriften 29, 137 S.; Dresden.
- WIENS, J. A., STENSETH, N. C., VAN HORNE, B., IMS, R. A. (1993): Ecological mechanisms and landscape ecology. - Oikos, **66**: 369-380; Copenhagen.
- WILHELMY, H. (1996): Kartographie in Stichworten, 6. überarbeitete Auflage 1996
- ZILL, W. (1952): Die große topographische Aufnahme des Landes Sachsen von 1780 – 1825 und ihre Bedeutung für das sächsische Kartenwesen. Diss., Dresden 1952.