

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	ix
Verwendete Abkürzungen	xi
1 Einleitung	1
1.1 Die Rolle der Waldinventuren in Deutschland und Europa	1
1.2 Motivation alternativer Inventurverfahren	2
1.3 Verfahrens- und Datenauswahl	3
2 Bundeswaldinventur und Fernerkundung	5
2.1 Inventurverfahren der Bundeswaldinventur	5
2.2 Satellitengestützte Fernerkundungssysteme	7
2.2.1 Überblick zur Fernerkundung	7
2.2.2 Das Sensorensystem Landsat	7
2.2.3 Das Sensorensystem QuickBird	8
2.2.4 Datenverfügbarkeit	9
2.3 Testgebiete	11
2.3.1 Westliches Mittelgebirge	13
2.3.2 Nordostdeutsches Tiefland	14
2.3.3 Östliches Mittelgebirge	14
2.3.4 Alpen	15
2.3.5 Pfälzerwald	15
2.4 Datengrundlage	15
2.4.1 BWI-Daten	16
2.4.2 Landsat-Daten	16
2.4.3 QuickBird-Daten	18
2.5 Aufbereitung der Satellitendaten	20
2.5.1 Georeferenzierung der Landsat-Daten	20
2.5.2 Georeferenzierung der QuickBird-Daten	21
2.5.3 Vegetationsindizes	21
3 Inventurverfahren	25
3.1 Techniken der Stichprobenauswahl	25
3.1.1 Punktauswahlverfahren	25
3.1.2 Baumauswahlverfahren	26
3.2 Die lokale Dichte	28
3.3 Mehrphasige Inventurkonzepte	28
3.3.1 Model der antizipierten Varianz	29
3.3.2 Einphasige stratifizierte Stichprobe	30
3.3.3 Zweiphasige Stichprobe zur Stratifizierung	32

3.3.4	Mehrphasige stratifizierte Stichproben	33
3.3.5	Auswirkungen von Stratifizierungsfehlern	33
3.3.6	Zweiphasige Stichprobe mit Regressionsschätzern	34
3.3.7	Mehrphasige Stichprobe zur Stratifizierung mit Regressionsschätzern	35
3.3.8	Anteils- und Flächenschätzungen	36
3.3.9	Schätzer für Totalwerte	37
3.3.10	Ratioschätzer	37
3.3.11	Schätzungen für Nominal- und Ordinaldaten	38
3.4	Kleingebietsschätzungen bei Großrauminventuren	38
3.5	Stichprobenverfahren für Folgeinventuren	40
3.5.1	Continuous Forest Inventory (CFI)	40
3.5.2	Sampling with Partial Replacement (SPR)	41
3.5.3	Vereinfachtes SPR-Verfahren (sSPR)	45
4	Waldmasken	47
4.1	Begriffsdefinition der Waldfläche	47
4.2	Extraktion der spektralen Werte	48
4.2.1	Ergebnisse der Spektralwertextraktionen der Landsat-Daten	49
4.2.2	Ergebnisse der Spektralwertextraktionen der QuickBird-Daten	52
4.3	Schwellenwertverfahren	52
4.3.1	Bestimmung der Schwellenwerte	53
4.3.2	Anpassung der Holzbodenmaske an die BWI-Walddefinition	56
4.4	Verfahren der logistischen Regression	60
4.4.1	Einführung	60
4.4.2	Theoretische Grundlagen	62
4.4.3	Datenvorbereitung	65
4.4.4	Logistische Regression zur Kartierung von Waldvorkommen	66
4.4.5	Logistische Regression zur Kartierung von Waldmischungen	70
4.5	<i>k</i> NN-Verfahren	72
4.6	Validierung	73
4.6.1	Verfahren zur Genauigkeitsanalyse	74
4.6.2	Bewertung der Genauigkeitsanalyse	77
4.6.3	Validierung der logistischen Regressionsmodelle	77
4.6.4	Validierung der Waldkarten (Logistische Regression)	78
4.7	Ergebnisse	80
4.7.1	Validierung der Waldmasken (Schwellenwertverfahren)	80
4.7.2	Bewertung der Waldmasken des Testgebietes Westliches Mittelgebirge	86
4.7.3	Bewertung der Waldmasken des Testgebietes Nordostdeutsches Tiefland	87
4.7.4	Bewertung der Waldmasken des Testgebietes Alpen	87
4.7.5	Bewertung der Waldmasken des Testgebietes Pfälzerwald	88
4.7.6	Bewertung der QuickBird-Waldmasken des Testgebietes Pfälzerwald	88
4.7.7	Vergleich der Landsat 7- und QB-Waldmaske im Pfälzerwald	90
4.7.8	Zusammenfassende Bewertung der Holzboden- und Waldmasken	91
4.7.9	Veränderungsrechnung (Schwellenwertverfahren)	93
4.7.10	Ergebnisse des logistischen Regressionsansatzes	95
4.7.11	Ergebnisse des <i>k</i> NN-Verfahrens	112
5	Erfassung waldspezifischer Parameter	117
5.1	Grauwertanalyse der Fernerkundungsdaten	117
5.1.1	Grauwertanalyse der Landsat-Daten	117
5.1.2	Grauwertanalyse der QuickBird-Daten	122
5.2	Eignung von Fernerkundungsdaten für Regressionsschätzverfahren	122
5.2.1	Eignung von Regressionsschätzverfahren mit Landsat-Daten	124
5.2.2	Eignung von Regressionsschätzverfahren mit QuickBird-Daten	126

5.2.3 Zusammenfassung der regressionsanalytischen Betrachtungen	127
5.3 Eignung klassifizierter Fernerkundungsdaten für stratifizierte Schätzverfahren	127
5.3.1 Klassifizierung von Bestockungstypen über 3D-Schwellenwerte	127
5.3.2 Klassifizierung von Bestockungstypen mittels Diskriminanzanalyse	129
5.3.3 Klassifizierung nach dem k NN-Ansatz	129
5.3.4 Verwendete Stratifizierungen	130
5.4 Senkung des Stichprobenfehlers von Zustandswerten durch Stratifizierung	130
5.4.1 Schätzung von Gesamtwerten durch Stratifizierung (Punktgewichtung)	130
5.4.2 Zustandswerte bezogen auf die Waldfläche	132
5.5 Senkung des Stichprobenfehlers von Veränderungswerten durch Stratifizierung	134
6 Kosten	139
6.1 Kostenfunktion	139
6.2 Kosten- und Zeitdaten der Fernerkundungsphase	140
6.3 Kosten- und Zeitdaten der terrestrischen Aufnahmen	142
6.3.1 Planungskosten (t_p)	142
6.3.2 Aufnahmekosten einer Traktecke im Wald (t_{te})	143
6.3.3 Transportkosten auf den Traktlinien zum Einmessen der Traktecken (t_{in})	143
6.3.4 Transportkosten zwischen zwei Trakten (t_{zw})	144
6.3.5 Zeit bezogen auf eine Traktecke	144
7 Optimierung	145
7.1 Inventurdesign-Optimierung unter dem Modell der <i>antizipierter Varianz</i>	147
7.1.1 Populations- (δ_t^2) und Samplingstratenvarianzkomponente (Δ)	147
7.1.2 Effizienzverlustfaktor der nicht exakten PPS-Auswahl (γ_π)	149
7.1.3 Bestimmung der optimalen Anzahl Probeflächen	151
7.1.4 Ergebnisse der Designoptimierung mittels <i>antizipierter Varianz</i>	152
7.2 Verifizierung der Optimierungsergebnisse für QTD nach der Quotientenmethode	156
7.3 Antizipierte Varianz versus Quotientenmethode	157
7.4 Verifizierung der Optimierungsergebnisse durch Bootstrapping	160
7.5 Minimal erwartete Kosten unter dem Modell der <i>antizipierter Varianz</i>	161
7.5.1 Bestimmung der minimal erwarteten Kosten	161
7.5.2 Ergebnisse der Kostenoptimierung	161
7.6 Kostenanalytische Sensitivitätsstudie	162
8 Diskussion	165
8.1 Walddefinition	166
8.2 Verifizierungsverfahren	166
8.3 Schwellenwertverfahren	167
8.4 Logistischer Regressionsansatz	168
8.4.1 Merkmal <i>Waldstatus</i>	168
8.4.2 Merkmal <i>Mischung</i>	168
8.5 k NN-Verfahren	169
8.5.1 Merkmal <i>Waldstatus</i>	169
8.5.2 Merkmal <i>Alter</i>	169
8.6 Fazit zur Waldflächenermittlung mit Satellitendaten	169
8.7 Inventurverfahren	170
8.7.1 Empfehlung alternativer Stichprobenverfahren	170
8.7.2 Fazit aus dem Optimierungsprozess	173
Literaturverzeichnis	175
A Weitere Ergebnisse der Optimierung	189