

Betreff: Bewerbung für den ALR-Hochschulpreis 2006 - Zukunftsfähige Raum- und Regionalentwicklung in Niedersachsen

Kurzfassung der Diplomarbeit, dessen Titel folgendermaßen lautet:

Einsatzmöglichkeiten von höchst aufgelösten Fernerkundungsdaten im kommunalen Flächenmonitoring und Flächenmanagement: Nutzungspotentiale von RGB- und Laserscanning-Daten in der kommunalen Praxis am Beispiel eines suburbanen Raumes der Stadt Osnabrück

Der nachfolgende Beitrag thematisiert die Einsatzmöglichkeiten von höchst aufgelösten Fernerkundungsdaten (Luftbildern) in der kommunalen Praxis am Beispiel eines suburbanen Raumes der Stadt Osnabrück. Neben der von der Bundesregierung verlangten Reduktion des Flächenverbrauchs erfordert u.a. die seit 2004 im BauGB rechtlich verordnete Überwachung von Umweltauswirkungen im Rahmen der Aufstellung von Bebauungsplänen ein (GIS-gestütztes) Flächenmonitoring als Baustein nachhaltiger Kommunalentwicklung. Bislang haben nur sehr wenige Gemeinden Ansätze eines Flächenmonitoring erarbeitet, bei denen (digitale) Luftbilder nicht berücksichtigt werden. Beispielhaft für ein Untersuchungsgebiet im suburbanen Raum der Stadt Osnabrück (Stadtteil Hellern) wird auf Basis relativ kostengünstiger Bildaufnahmen (digitale Luftbilder und Laserscanning-Daten) aus dem Jahr 2005 ein Auswertungsverfahren entwickelt, das transparent und nachvollziehbar ist sowie Übertragungsmöglichkeiten auf andere zu untersuchende Gebiete liefert. Durch den hohen Grad der **Automatisierung** werden einerseits (Auswertungs-)Kosten relativ gering gehalten und führen andererseits zu bearbeiterunabhängigen Ergebnissen. Die Vorteile in der Verwendung von Luftbildern liegen in der flächendeckenden Aussagekraft sowie durch die regelmäßig mögliche Aktualisierung einem im Vergleich zu terrestrischen Aufnahmeverfahren verhältnismäßig geringen Erhebungs- und Auswerteaufwand aus.

Mit dem Auswerteverfahren werden sehr hohe Genauigkeiten erzielt. Ein kontinuierliches Monitoring der Flächeninanspruchnahme ist anhand der verwendeten digitalen Luftbilder möglich, sofern in regelmäßigen Abständen eine dieser Auswertung vergleichbare zugrunde liegende Datenerfassung erfolgt. Dadurch ist eine quantitative und qualitative Veränderung der Flächeninanspruchnahme mit hoher Genauigkeit bestimmbar.

Die Diplomarbeit verknüpft sehr aktuelle Themen der Kommunalentwicklung (Nachhaltigkeit) bzw. Natur- und Umweltschutz sowie praxisrelevante Fragestellungen (Monitoring der Umweltauswirkungen innerhalb der gemeindlichen Bauleitplanung) mit dem Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien und eines neuen segmentbasierten Ansatzes zur effizienten Nutzung von Luftbildern bzw. Fernerkundungsdaten. Die beispielhaft für ein suburbanes Gebiet der Stadt Osnabrück entwickelte Auswertungsmethode lässt sich hinsichtlich eines analogen Vorgehens auf andere Gemeinden übertragen. Dies ist daher von zentraler Relevanz, da alle Kommunen von der Umsetzung eines Flächenmonitoring zur Umsetzung des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung betroffen sind. Durch den geringen Erhebungs- und Auswerteaufwand (weniger Kosten!) kann zudem die Akzeptanz bei kommunalen Vertretern für den Einsatz derartiger Methoden erhöht werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung: Problemstellung und Zielsetzung	2
2. Begriffsbestimmung	4
3. Kommunale Aufgabenbereiche	5
4. Kommunales Flächenmonitoring und Flächenmanagement	7
5. Methodik	8
6. Untersuchungsgebiet	10
7. Auswertung und Ergebnisse	10
8. Fazit	13

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Vergleich unterschiedlicher Bodenpixelaufösungen verschiedener digitaler Fernerkundungssensoren in RGB-Darstellung	3
Abb. 2: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland von 1992 bis 2004 (in km ²).....	5
Abb. 3: Darstellung von homogenen Bildobjekten (Segmente) vor der Klassifizierung ..	9
Abb. 4: Hierarchisches Netz segmentierter Objekte unterschiedlicher Ebenen	9
Abb. 5: Räumliche Einordnung des Untersuchungsgebietes "Hellern" im suburbanen Raum der Stadt Osnabrück	10
Abb. 6: Objektmodell zur Zielklassendefinition.....	11

Kartenverzeichnis

Karte I: Darstellung des Untersuchungsgebietes in Echtfarbdarstellung	16
Karte II: Ergebnis der segment- und GIS-basiert nachbearbeiteten Klassifikation	17

1. Einleitung: Problemstellung und Zielsetzung

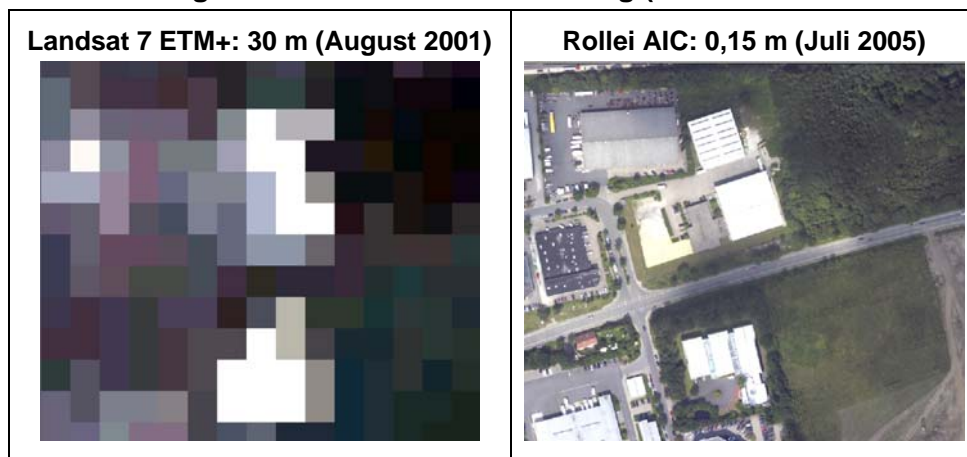
Die Bundesregierung verlangt in der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie gezielte Anstrengungen zum Flächensparen, wobei der tägliche Flächenverbrauch bis 2020 von derzeit ca. 105 ha auf ca. 30 ha reduziert werden soll. Im Rahmen eines zukunftsfähigen kommunalen Flächenmonitoring und Flächenmanagements steht das Ziel der verminderten Flächenausweisung zu Siedlungs- und Verkehrszwecken im Vordergrund. Darüber hinaus sind laut Europarechtsanpassungsgesetz Bau (EAG Bau) vom 20.07.04 und der damit einhergehenden Novellierung des BauGB bereits bei der Aufstellung eines Bauleitplans die geplanten Maßnahmen darzustellen, die zur Überwachung der Umweltauswirkungen (Monitoring) dienen. Zur Überprüfung dieser Ziele bzw. Auswirkungen ist eine in ausreichendem Maßstab vorliegende (digitale) Datenbasis unabdingbare Voraussetzung. Auf dieser Grundlage kann eine hochgenaue Erfassung, Beobachtung, Entwicklung sowie Optimierung der Flächennutzung ermöglicht werden.

Bislang haben nur sehr wenige Gemeinden Ansätze eines Flächenmonitoring erarbeitet. Diese kennzeichnen sich in der Ermittlung des Flächenverbrauchs durch sehr uneinheitliche Vorgehensweisen. Darüber hinaus fehlt den verwendeten Datensätzen der räumliche Bezug oder es mangelt an hinreichender geometrischer und/oder inhaltlicher Genauigkeit. Digitale Fernerkundungsdaten werden im Rahmen eines GIS-gestützten Flächenmonitoring bisher nicht berücksichtigt. Als Ursache hierfür galt bislang die besonders für Fragestellungen innerhalb urbaner Räume zu geringe geometrische Auflösung dieser Datengrundlagen, mit der eine hochgenaue Erfassung der Realnutzung nicht durchführbar ist. Darüber hinaus werden Bildauswertungen in Form einer manuellen und visuellen Bildinterpretation in Form eines On-Screen-Digitizing auf Basis höchst aufgelöster flugzeuggestützter **analog** aufgenommener, gescannter und georeferenzierter Luftbilder für derartige Fragestellungen als zu kostenintensiv betrachtet.

Durch die Entwicklung neuer Sensoren kann die Erdoberfläche heute jedoch wesentlich detaillierter dargestellt werden. Daraus ergeben sich neue Einsatzfelder und Anwendungsmöglichkeiten für **digitale** Luftbilder. Es gilt zu überprüfen, inwiefern sich dieses (Informations-)Potenzial durch entsprechende (semi-)automatisierte Auswerteverfahren für kommunale Fragestellungen zu Nutze gemacht werden kann, um eine hochgenaue kostengünstige Erfassung der Flächennutzung innerhalb urbaner Räume zu ermöglichen.

Abb. 1 verdeutlicht neue potentielle Anwendungsmöglichkeiten durch den Einsatz von höchst aufgelösten Fernerkundungsdaten. Die von einem flugzeuggestützten Aufnahmesystem stammenden digitalen Daten weisen für den gleichen Ausschnitt eine viel höhere Bodenpixelauflösung im Vergleich zu einer vom LANDSAT 7 ETM+ aufgenommenen Satellitenbildszene auf. In den höchst aufgelösten Luftbildern sind u.a. Fahrzeuge, Einzelbäume etc. deutlich zu erkennen. Diese Daten erfüllen somit Anforderungen der Maßstäbe 1:1000 bis 1:500.

Abb. 1: Vergleich unterschiedlicher Bodenpixelauflösungen verschiedener digitaler Fernerkundungssensoren in RGB-Darstellung (Ausschnitt ca. 350 x 300 m)



Quelle: Eigene Darstellung

Eine großmaßstäbliche Erfassung der Flächennutzung bildet für das kommunale Flächenmanagement eine bedeutende Planungsgrundlage. Eine darauf aufbauende und sehr einfach durchzuführende Ermittlung versiegelter Flächen kann bei regelmäßigen Datenaufnahmen zugleich einen Indikator für eine nachhaltige kommunale Entwicklung darstellen. Der größte Vorteil digitaler Luftbilder (Fernerkundungsdaten) liegt vor allem im Vergleich zur terrestrischen Vorgehensweise in der relativ zügigen Datenaufnahme sowie semi-automatisierten und objektiven Auswertung großflächiger Gebiete.

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist, auf Basis von digitalen flugzeuggestützten Luftbildern, die Entwicklung, Anwendung und Überprüfung eines zweckmäßigen Auswerteverfahrens für die hochgenaue Erfassung der Flächennutzung innerhalb urbaner Räume

als (Planungs-)Grundlage eines GIS-gestützten Flächenmonitoring und Flächenmanagements. Am Beispiel des Untersuchungsraumes Stadt Osnabrück soll ein Auswerteverfahren für die Analyse von höchst aufgelösten Fernerkundungsdaten erarbeitet werden. In der Datenauswertung soll untersucht werden, inwiefern die visuelle Bildinterpretation formalisiert werden kann, um den Auswerteprozess auf diese Weise zu automatisieren. Aufgrund der praxisrelevanten Fragestellung sollen ein Auswerteverfahren entwickelt werden, das sich durch Nachvollziehbarkeit und Transparenz und relativ einfachen Übertragungsmöglichkeiten auf andere Gebiete kennzeichnet. Aufbauend auf der Bestimmung des Nutzungspotentials dieser Daten für Fragestellungen innerhalb urbaner Räume sollen Anwendungsmöglichkeiten hinsichtlich der quantitativen sowie qualitativen Analyse von Flächenverbrauch im Rahmen eines kommunalen Flächenmonitoring und Flächenmanagement aufgezeigt und bewertet werden.

Die Untersuchungen werden auf Basis eines repräsentativen Testgebietes im suburbanen Raum der Stadt Osnabrück unter Verwendung von RGB- (Luftbildern) bzw. Laserscanning-Daten vorgenommen.

2. Begriffsbestimmung

Als „**Flächenmanagement**“ kann ein Handlungsfeld verstanden werden, das den öffentlichen Belangen des Gemeinwohls bei der Nutzung der Flächen an Grund und Boden ebenso Geltung verschafft wie den berechtigten privaten Belangen. Als „**Monitoring**“ bezeichnet man „information or data sampling which is repeated in certain intervals and serves certain scientific and/or management purposes. It differs from pure observation or from surveys due it is repeated and replicable character that enables comparison over time and the evaluation against a target”.¹ Unter „**Flächenmonitoring**“ wird die systematische Sammlung von raumbezogenen Daten sowie die Beobachtung von sich verändernden Nutzungsverteilungen und Inanspruchnahme von Flächen über einen längeren Zeitraum verstanden.² Flächenmonitoring kann darüber hinaus eine Kontrolle und Bewertung beinhalten, welches z.B. mittels Indikatoren umgesetzt wird.

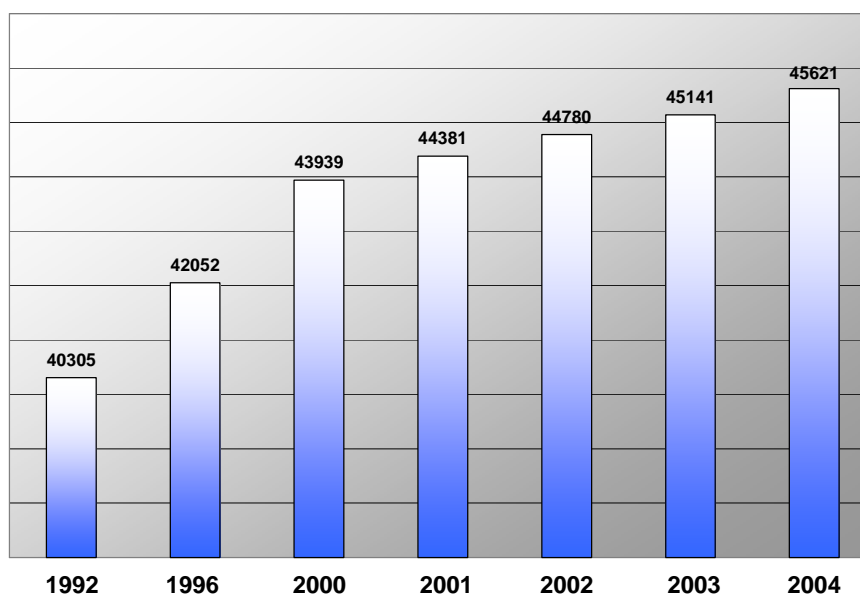
¹ Vgl. Lass, W. und F. Reusswig (2001), S. 4.

² Vgl. Guhse, B. (2005), S. 171.

3. Kommunale Aufgabenbereiche

Einen Schwerpunkt innerhalb der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie liegt in der Beobachtung des Flächenverbrauchs. Abb. 2 stellt die Entwicklung der Siedlungsflächenentwicklung von 1992 bis 2004 dar. Deutlich wird der weiterhin kontinuierliche hohe Flächenverbrauch. 12,8 % der Gesamtfläche Deutschlands werden derzeit der Kategorie Siedlungs- und Verkehrsflächen zugeordnet. Eine detaillierte Darstellung der Auswirkungen dieses Flächenverbrauchs erfolgt an dieser Stelle nicht. Es soll lediglich der Hinweis erfolgen, dass eine Steuerung dieses Prozesses zur Verminderung der Flächeninanspruchnahme zum Schutz der Umwelt notwendig ist. Bezüglich der konkreten Umsetzung dieses Ziels wird von der Bundesregierung explizit die **kommunale Bauleitplanung** genannt. Die zentrale Rolle der Kommunen bei der Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung wurde bereits bei der UNCED-Konferenz 1992 in Rio herausgestellt.

Abb. 2: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland von 1992 bis 2004 (in km²)



Quelle: Statistisches Bundesamt (2006)

Die Umsetzung der europäischen Richtlinie aus dem Jahr 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme musste bis Mitte 2004 in nationales Recht umgesetzt werden. Somit ist mit der aktuellen Fassung des Baugesetzbuchs

(BauGB) neben dem schonenden Umgang mit Grund und Boden sowohl der für die vorbereitende bzw. verbindliche Bauleitplanung zuständige Flächennutzungsplan (FNP) bzw. Bebauungsplan (B-Plan) umweltprüfungspflichtig. Damit einhergehend ergibt sich eine Reihe von Änderungen im Planaufstellungsverfahren. Während bei der Projekt-UVP-Richtlinie aus dem Jahr 2001 nur bestimmte Projekte einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterlagen, bezieht sich die seit 2004 gültige Plan-Umweltprüfung-Richtlinie (Plan-UP) auf Pläne und Programme mit Rahmen setzenden Vorgaben für Zulassungsentscheidungen. Die Umweltprüfung, die u.a. eine Alternativenprüfung im Abwägungsprozess sowie ein neu eingeführtes **Monitoring** beinhaltet, hat somit einen tiefer gehenden Inhalt als die UVP, da bereits auf der räumlichen Planungsebene und nicht erst bei einer Projekt-Zulassung eine Umweltprüfung durchgeführt werden muss.

Zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung und einem hohen Umweltschutzniveau steht die Anfertigung eines Umweltberichts im Mittelpunkt der Umweltprüfung. Darin müssen die Umweltauswirkungen ermittelt, beschrieben und bewertet werden. Die im Umweltbericht zu berücksichtigenden Inhalte und vorzulegenden Informationen sind eindeutig vorgegeben. Die Zusammenführung bauplanungsrechtlich relevanter umwelt- und naturschutzrechtlicher Aspekte kann in dem Sinne interpretiert werden, dass insbesondere ökologische Gesichtspunkte innerhalb der Bauleitplanung eine verstärkte Aufmerksamkeit erhalten. Nach § 4c BauGB haben Kommunen die erheblichen Umweltauswirkungen zu überwachen, die aufgrund der Realisierung der Bauleitpläne entstehen. Damit sollen unvorgesehene nachteilige Umweltauswirkungen frühzeitig ermittelt und ggf. zweckmäßige Schritte zur Abhilfe ergriffen werden. Bereits während der Aufstellung eines Bauleitplans sollen diejenigen Maßnahmen dargestellt und beschlossen werden, die zur Überwachung (Monitoring) der Umweltauswirkungen geplant sind (Art. 9 Abs. 1c Plan-UP-Richtlinie). Das Monitoring, welches von großer Bedeutung für die Nachhaltigkeit der Planung ist, bedeutet eine nachträgliche Kontrolle der während der Planungsphase aufgestellten Annahmen.³ Von zentraler Relevanz für die Überprüfung ist die vollständige und sehr detaillierte Erfassung der Umweltinformationen.

Es lässt sich konstatieren, dass neben der von der Bundesregierung verlangten Reduktion des Flächenverbrauchs u.a. die seit 2004 im BauGB rechtlich verordnete Überwachung

³ Vgl. Sailer, A. (2006), S. 130.

von Umweltauswirkungen im Rahmen der Aufstellung von Bebauungsplänen ein Flächenmonitoring und Flächenmanagement als Baustein nachhaltiger Kommunalentwicklung erfordert. Der nachfolgende Abschnitt vertieft die dazu notwendigen Anforderungen und Aufgaben.

4. Kommunales Flächenmonitoring und Flächenmanagement

Grund und Boden stellt ein unvermehrbares Gut dar, dessen zunehmender Verbrauch und Inanspruchnahme überwacht werden muss. Kommunales Flächenmonitoring und Flächenmanagement ist die Strategie einer Kommune, mit Fläche und Boden effizient und wirtschaftlich umzugehen, da insbesondere Flächen für bauliche Nutzung zunehmend einen limitierenden Faktor darstellen. Neben der zunehmenden Versiegelung von Flächen werden Lebensräume und Erholungsflächen von Menschen sowie Tieren und Pflanzen durch Flächenzerschneidungseffekte von Verkehrswegen immer stärker eingeschränkt. In Bezug auf ein kommunales Flächen(ressourcen)management lassen sich daher folgende vier **Hauptziele** ableiten:

- Reduzierung des Zuwachses von Siedlungsflächen,
- Lenkung der Bodennutzung,
- Minimierung des Flächenverbrauchs und der Bodenversiegelung sowie
- Umgang mit Bodenmaterial.

Den vier Zielen gemeinsam ist der Schutz des Bodens. Dazu sind Konzepte zu entwickeln, damit die angestrebten Ziele erreicht werden können. Beim kommunalen Flächenmonitoring und Flächenmanagement wird zwischen folgenden drei zentralen inhaltlichen **Aufgaben** unterschieden:

1. Beobachtung, Entwicklung und Optimierung der Bestandsnutzung,
2. pflegender und entwickelnder Außenbereichsschutz (z.B. Ökokonto) sowie
3. ökologisch verträgliche Allokationen von Bauflächen mit anderen Nutzungen.

Allgemeingültige Maßnahmen/Handlungsfelder kann es aufgrund der unterschiedlichsten Ausgangs- bzw. Problemlagen sowie Voraussetzungen innerhalb von Gemeinden nicht geben. Allen bisherigen Beispielen zur konkreten Umsetzung ist in der Vorgehensweise folgende Grundstruktur gemeinsam:

- 1) Zieldefinition: Welche Problemlagen sind vorhanden?
- 2) IST-Analyse: Aktuelle hochgenaue Erfassung der Flächennutzung, um Flächenpotenziale zu erkennen.

- 3) Prioritäten setzen: Auf Basis der IST-Analyse Festlegung von Prioritäten, die sich den oben genannten Hauptzielen unterordnen lassen.
- 4) Konzept entwickeln: Auf Grundlage der Prioritäten werden innerhalb des Konzeptes Maßnahmen zur Umsetzung formuliert.
- 5) Umsetzung: Schaffung von Voraussetzungen und Möglichkeiten bzw. Rahmenbedingungen (Baurecht, Finanzierung etc.).
- 6) Monitoring/Kontrolle: Überprüfung der Erreichung und ggf. Anpassung der Ziele und Maßnahmen z.B. mit Hilfe von Indikatoren.⁴

Die präzise Datenerfassung und Analyse der gegenwärtigen Flächeninanspruchnahme ist als der erste und wichtigste Schritt in Richtung eines kommunalen Flächenmonitoring und Flächenmanagements anzusehen. Darüber hinaus stellt die Analyse und Entwicklung bzw. das Monitoring der Bestandsnutzung die Basis für die Er- bzw. Überarbeitung von Zielkonzeptionen und Plänen dar. „Flächenmonitoring ist damit Grundlage und Ausgangspunkt für ein fundiertes Flächenmanagement, das die künftigen Nutzungen und Flächeninanspruchnahme steuern und regulieren soll.“⁵ Auch innerhalb des Fortschrittsberichts der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie wird die Verbesserung der Informationsgrundlage einerseits zum Auf- bzw. Ausbau des Flächenmonitoring und andererseits zur Umsetzung der Umweltprüfung innerhalb der gemeindlichen Bauleitplanung als notwendig angesehen. Meines Erachtens genügt nicht allein die Erhebung aktueller raumbezogener Informationen, sondern ist bei der Datenbasis ein für diese Fragestellungen entsprechender Maßstab zu berücksichtigen, der die diesbezüglichen geometrischen und semantischen Anforderungen erfüllt. Inwiefern auf Basis der vorliegenden höchst aufgelösten digitalen Luftbilder und Laserscanning-Daten eine hochgenaue Erfassung bzw. Beobachtung der Flächennutzung (semi-)automatisiert möglich ist, soll im Rahmen der Datenauswertung mit geeigneten Methoden der Fernerkundung festgestellt werden.

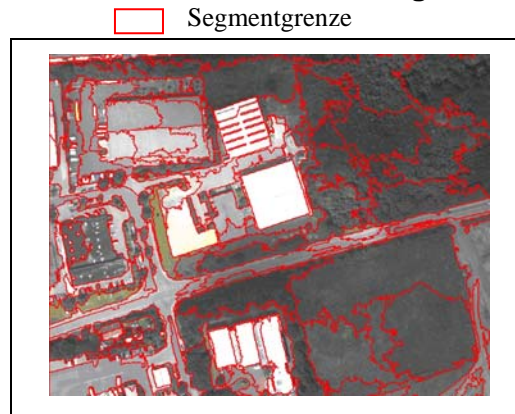
5. Methodik

Für die thematische Auswertung der vorliegenden digitalen Luftbilder und Laserscanning-Daten wurde sich ein neuerer segmentbasierter Ansatz zu Nutze gemacht. Dieser hat sich insbesondere bei der Analyse von höchst aufgelösten Luftbildern bewährt. Dabei werden nicht einzelne Pixel (Bildpunkte), sondern aus mehreren Bildpunkten bestehende Bild- bzw. Datenobjekte (Segmente) klassifiziert (vgl. Abb. 3).

⁴ Vgl. Guhse, B. (2005), S. 175.

⁵ Guhse, B. (2005), A. 171.

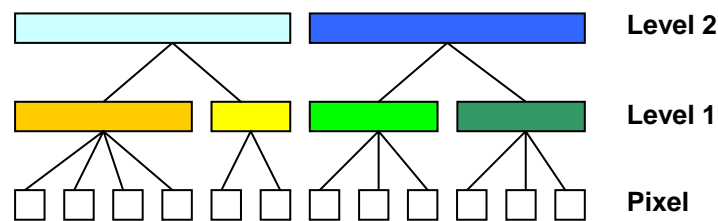
Abb. 3: Darstellung von „homogenen“ Bildobjekten (Segmente) vor der Klassifizierung



Quelle: Eigene Darstellung

Im Vergleich zu (traditionellen) pixelbezogenen Methoden berücksichtigen segmentbasierte Verfahren unter anderem die räumlichen Beziehungen zwischen Objekten (Segmenten). Vor der Klassifizierung wird zunächst eine Segmentierung der Daten durchgeführt. Die einzelnen Objekte werden dabei u.a. aufgrund von Bildeigenschaften gebildet. Die Segmentierung kann in mehreren Ebenen durchgeführt werden, sodass Klassifikationen von der größten zur feinsten Ebene durchgeführt werden können (vgl. Abb. 4). Nach der Segmentierung werden die Zielklassen modelliert. Hierbei gilt es für jede Klasse charakteristische Eigenschaften (z.B. Vegetationsindex, Größe etc.) zu definieren, die anschließend in einem Regelwerk umgesetzt werden (sog. Objektmodell). Dabei kann eine kombinierte Auswertung verschiedener Datentypen vorgenommen werden, d.h. GIS-Informationen (z.B. ALK-Daten) können im Klassifikationsprozess berücksichtigt werden.

Abb. 4: Hierarchisches Netz segmentierter Objekte unterschiedlicher Ebenen



Quelle: Eigene Darstellung

6. Untersuchungsgebiet

Das vorliegende Untersuchungsgebiet „Hellern“ ist ca. 64 ha (800 m x 800 m) groß und befindet sich im gleichnamigen Stadtteil im westlichen suburbanen Raum der Stadt Osnabrück. Dieser Stadtteil sowie das Untersuchungsareal grenzen östlich an den nordrhein-westfälischen Kreis Steinfurt an.

Abb. 5: Räumliche Einordnung des Untersuchungsgebietes "Hellern" im suburbanen Raum der Stadt Osnabrück (Ausschnitt ca. 13 km x 17 km)



Quelle: Eigene Darstellung

Das Gebiet wurde so gewählt, dass relativ viele verschiedene Objekte in enger räumlicher Nachbarschaft vorhanden sind. Urbane Siedlungsflächen in Kombination mit verschiedenen naturräumlichen Arealen bedingen eine insgesamt sehr heterogene Struktur, so dass ein insgesamt repräsentatives („urbanes“) Testgebiet vorliegt.

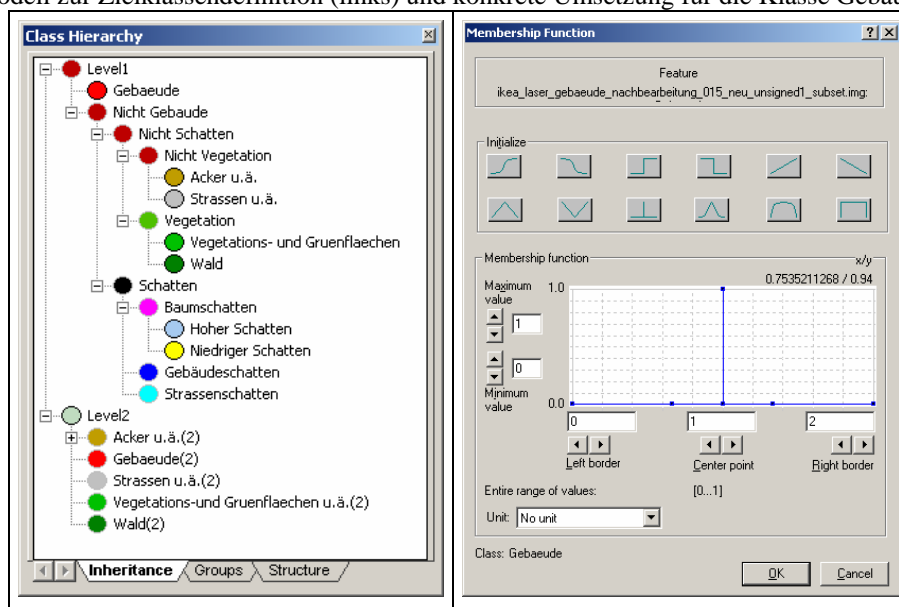
7. Auswertung und Ergebnisse

Die hier durchgeführte Klassifikation basiert auf relativ wenigen Arbeitsschritten (vgl. Abb. 6). Dies ist insbesondere im Hinblick auf Praxisrelevanz und einem operationellen Einsatz dieses Klassifikationsalgorithmus von enormem Vorteil. Für die segmentbasierte Auswertung kann konstatiert werden, dass die Ergebnisse der auf hierarchischen Netz-

werken und Regeln basierenden Klassifikationsverfahren von hoher Genauigkeit sind. Durch Komplexitätsreduktion der Datenstruktur in Form von Schwellwertanalysen sowie Integration von semantischem Wissen innerhalb des Objektmodells ist der entwickelte Klassifizierungsalgorithmus nachvollziehbar und transparent sowie in weiten Teilen auf andere Untersuchungsgebiete übertragbar. Als weiterer Vorteil erweist sich die parameter-gestützte Klassifizierung, mit der ein hoher Automationsgrad erreicht werden kann. Eine grobe Nachbearbeitung innerhalb der verwendeten Software erhöht darüber hinaus die Genauigkeit. Die für thematische Auswertungen von Fernerkundungsdaten typischen Genauigkeitsanalysen bestätigen ein gutes Klassifizierungsergebnis mit einem Gesamtgenauigkeitswert von ca. 95 % (vgl. Karte I und II).

Abb. 6: Objektmodell zur Zielklassendefinition

Objektmodell zur Zielklassendefinition (links) und konkrete Umsetzung für die Klasse Gebäude (rechts)



Quelle: Eigene Darstellung

Im Allgemeinen benötigen Schwellwertverfahren eine genaue Kenntnis der Daten, was bei relativ komplexen, heterogenen Daten (z.B. optische Daten, die in mehreren Kanälen z.B. Rot, Grün, Blau aufgenommen wurden) nicht ohne weiteres umzusetzen ist. Mit Hilfe einer Komplexitätsreduktion der Datenstruktur (z.B. durch Vorverarbeitung) liegt der Vorteil von Schwellwertverfahren in der Einfachheit und Nachvollziehbarkeit. Im

Rahmen der Datenvorverarbeitung konnten u.a durch Ableitung von Gebäudeinformationen, Vegetationsindex und Objekthöhen nachvollziehbare Klassifikationsregeln erstellt werden, die auf andere Gebiete übertragbar sind. Diese konzeptionelle Übertragbarkeit hinsichtlich der Vorgehensweise beinhaltet ebenfalls Vorteile für planungsrelevante kommunale Fragestellungen.

Die zusätzlich aus den Laserscanning-Daten gewonnenen Informationen eignen sich in der Form, dass ein insgesamt verbessertes Klassifikationsergebnis erzielt werden kann. Dieser Mehrwert äußert sich zum einem in einem teil-automatisierten Prozess der Gebäudeextraktion sowie der Ableitung von Objekthöhen-Informationen. Letzt genannte stellen in den durchgeführten Schwellwertoperationen in Kombination mit den Bilddaten ein wichtiges Szenenmerkmal zur Ausweisung der einzelnen Zielklassen dar. Das gilt insbesondere für die Unterscheidung der Hauptklassen „Grün- und Vegetationsflächen“ und „Bäume, Wald“. Die abgeleiteten Zusatzdaten der Gebäudeinformationen sind für diese semi-automatisierten Klassifizierungstechnik von entscheidender Bedeutung. Aufgrund teilweise großer spektraler Ähnlichkeiten, d.h. gleichen Reflexionseigenschaften zwischen den Zielklassen „Gebäude“ und „Straßen, Betriebs- und Lagerflächen u.ä.“ bzw. „Gebäude“ und „Bäume, Wald“ stellt dieser Datensatz ein wichtiges Klassifizierungskriterium dar. Im Anschluss an die semi-automatisierte Bildinterpretation ist eine (zumindest grobe) Nachbearbeitung unabdingbar, die zugleich eine Plausibilitätskontrolle bezüglich der thematischen Auswertung beinhaltet.

Ein Monitoring der Flächeninanspruchnahme ist u.a. anhand des Indikators „Versiegelung“ durch die Zusammenfassung der Zielklassen „Gebäude“ sowie „Straßen, Betriebs- und Lagerflächen u.ä.“ als ein Baustein innerhalb eines Gesamt(indikatoren)systems zur Überprüfung einer nachhaltigen Entwicklung im Rahmen eines kommunalen Flächenmanagement mit den vorliegenden digitalen Fernerkundungsdaten möglich. Dem zu Grunde liegend ist eine regelmäßige thematische Auswertung auf sich ähnelnden Datenbasen notwendig. Durch dieses GIS-gestützte Flächenmonitoring ist eine quantitative und qualitative Veränderung der Flächeninanspruchnahme mit standardisierten GIS-Operationen sehr einfach bestimmbar. Veränderungen können durch die sehr hohe geometrische Genauigkeit dieser höchst aufgelösten Luftbilder kleinräumig sehr exakt bestimmt werden.

Der größte Vorteil in der Verwendung von Fernerkundungsdaten und semi-automatisierten Auswerteverfahren liegt in der flächendeckenden Aussagekraft sowie eines verhältnismäßig geringen Erhebungs- und Auswerteaufwands. Insbesondere im Vergleich zu terrestrischen Aufnahmeverfahren sind großflächige Aktualisierungen der Realnutzung mit Methoden der Fernerkundung wirtschaftlicher.

Abschließend kann konstatiert werden, dass sich das Informationspotenzial höchst aufgelöster Luftbilder und Laserscanning-Daten generell für Anwendungen in urbanen Räumen zu Nutze gemacht werden kann. Anwendungsmöglichkeiten innerhalb der kommunalen Praxis liegen z.B. in der hochgenauen räumlichen Erfassung der Flächeninanspruchnahme. In diesem Zusammenhang ergeben sich Synergieeffekte für die Überprüfung der Umweltauswirkungen innerhalb der gemeindlichen Bauleitplanung. Eine kontinuierliche Nachführung der Nutzungsverteilungen und Inanspruchnahme von Flächen auf aktuellsten Stand ist die Basis für die Entwicklung von Konzepten zur Umsetzung einer nachhaltigen kommunalen Entwicklung.

8. Fazit

Der steigende Bedarf an aktuellen und hochgenauen Bestandsdaten für Monitoringaufgaben innerhalb der Kommunalplanung bedarf der Entwicklung effizienter und präziser Erfassungsmethoden. Diese sollen sich durch Transparenz, Nachvollziehbarkeit, operationellem Einsatz sowie hohem Automatisierungsgrad kennzeichnen. Bisher wurden Fernerkundungsdaten für Fragestellungen innerhalb urbaner Räume in nur sehr geringem Maße eingesetzt. Als Hauptursache galt die bisher zu geringe geometrische Auflösung dieser Datensätze, sodass kleinräumige Strukturen bzw. das Objektinventar nur sehr ungenau erfasst werden konnten. Durch die fortschreitende Entwicklung der Fernerkundungssensoren liegen zunehmend Daten mit einer sehr hohen räumlichen Auflösung vor. Die vorliegende mit Hilfe der Digitalen Bildverarbeitung und GIS-gestützten Analyse zur Extraktion von Informationen hinsichtlich der Flächennutzung bzw. des Nachhaltigkeitsindikators „Versiegelung“ beruht auf einer neueren segmentbasierten Auswertemethode. Die auf Basis von höchst aufgelösten Luftbildern und Laserscanning-Daten erzielten Ergebnisse wurden auf ihr Nutzungspotential für Anwendungen im kommunalen Flächenmonitoring und Flächenmanagement untersucht. Anhand dieser gewonnenen Erkenntnisse wurde der Klassifikationsalgorithmus sukzessiv und systema-

tisch bis zu einem Stadium der für den Einsatz für die vorliegende Fragestellung notwendigen Genauigkeit weiterentwickelt.

Insgesamt konnte für die vorliegende Datenbasis und den daraus ableitbaren Zusatzinformationen (Gebäudeinformationen, Objekthöhen, Vegetationsindex) durch geeignete GIS- und Fernerkundungsmethoden eine in weiten Teilen standardisierte, (teil-) automatisierte sowie nachvollzieh- und übertragbare Klassifikation mit hoher Genauigkeit für alle zu identifizierenden Objekte erzielt werden. Die Flächennutzung kann sehr genau und kleinräumig abgegrenzt werden. Dabei werden Anforderungen der Maßstäbe 1:1000 bis 1:500 erfüllt. Das Informationspotenzial dieser Daten kann sich generell für Fragestellungen in urbanen Räumen zu Nutze gemacht werden. Die Komplexität städtischer Räume erfordert eine (zumindest grobe) manuelle GIS-basierte Postklassifikation. Diese ist als Kontrolle unabdingbar. Die endgültige thematische Auswertung stellt eine geeignete Planungsgrundlage innerhalb eines GIS-gestützten Flächenmonitoring und Flächenmanagements dar. Sie kann im Vergleich zu anderen Verfahren relativ zügig durchgeführt werden. Darüber hinaus ergeben sich Synergieeffekte im Hinblick das Monitoring der Umweltauswirkungen in der kommunalen Bauleitplanung. Mit der Datenaufnahme für mehrere Gemeindegebiete können Fixkosten der Bildflüge reduziert und eine interkommunale Zusammenarbeit gefördert werden.

9. Literatur

AGENDA TRANSFER – Agentur für Nachhaltigkeit GmbH (2005): Zukunftsflächen - Flächenmanagement als Baustein nachhaltiger Kommunalentwicklung. Bonn: Backhaus.

BAATZ, M. und M. MIMLER (2002): Bildobjekt-Primitive als Bausteine - Extraktion von Objekten „of interest“ bzw. anthropogenen Objekten basierend auf der expliziten Kanteninformation von Bildobjekt-Primitiven. In: BLASCHKE, T. (Hrsg.) Fernerkundung und GIS – Neue Sensoren – Innovative Methoden. Heidelberg: Wichmann. S. 179-188.

BAUER, T. und K. STEINNOCHER (2000): Objektbasierte Auswertung von hochauflösenden Fernerkundungsdaten in urbanen Räumen. In: STROBL, J., T. BLASCHKE und G. GRIESEBNER: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV - Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000. Heidelberg: Wichmann. S. 30-38.

BLASCHKE, T. und J. STROBL (2000): What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. In: Geo-Informationssysteme, Heft 6, S. 12-17.

BUNDESREGIERUNG (2004): Bericht der Bundesregierung über die Perspektiven für Deutschland – Nationale Strategie für eine nachhaltige Entwicklung (Fortschrittsbericht 2004).
<http://dip.bundestag.de/btd/15/041/1504100.pdf> (14.08.06)

GUHSE, B. (2005): Kommunales Flächenmonitoring und Flächenmanagement. Heidelberg: Wichmann.

LASS, W. und F. REUSSWIG (2001): Social Monitoring - Meaning and Methods for an Integrated Management in Biosphere Areas: an Overview. In: MUHAR, A., A. ARNBERGER und C. BRANDENBURG (Hrsg.): Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Institut for Landscape Architecture and Landscape Management Bodenkultur, University Vienna. S. 1-6.

SAILER, A. (2006): Bauplanungsrecht und Monitoring - Die Umsetzung der Plan-UP-Richtlinie in das deutsche Recht. In: STÜER, B. (Hrsg.): Planungsrecht. Göttingen: Hubert & Co.