

## Europäische Siedlungsstrukturvergleiche auf Basis von CORINE Land Cover – Möglichkeiten und Grenzen

*Gotthard MEINEL, Ines SCHUBERT, Stefan SIEDENTOP, Manfred F. BUCHROITHNER*

Dr. Gotthard Meinel, Cand.-Ing. Ines Schubert, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Weberplatz 1, 01217 Dresden, G.Meinel@ioer.de,  
Dr.-Ing. Stefan Siedentop, Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart, stefan.siedentop@ireus.uni-stuttgart.de,  
Prof. Manfred Buchroithner, Institut für Kartographie, Technische Universität, 01062 Dresden, Manfred.Buchroithner@tu-dresden.de

### 1 PROBLEMSTELLUNG UND ZIEL

Weltweit beobachten Umwelt- und Planungswissenschaftler einen anhaltenden Urbanisierungsdruck und einen damit verbundenen Verlust von natürlichen Böden und belastungsarmen Landschaftsräumen (BENTO 2003; EEA 2006; LI u. SUN 2003). Die fortschreitende Bodenversiegelung wird inzwischen als Schlüsselindikator und zentrales Problem der nachhaltigen Entwicklung anerkannt (SCHULTZ & DOSCH 2005, S.5). Die Siedlungsfläche wächst in vielen Ländern jährlich um etwa 1 bis 1,5 %. Im Jahr 2003 lag die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV) in Deutschland bei 93 ha pro Tag (Umwelt-Barometer, UBA). Der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil der europäischen Länder fällt dabei sehr unterschiedlich aus und beträgt zwischen 20,1 % in Belgien und 1,2 % in Lettland. Bisher waren solche Länder- und Regionenvergleiche allerdings durch das Fehlen von einheitlichen Erhebungsmethoden und Statistiken erschwert.

Für eine nachhaltige Entwicklung muss der wachsende Flächenverbrauch zurückgedrängt werden. Ein Vergleich der Flächennutzungsstruktur und insbesondere der Siedlungsstruktur europäischer Länder bietet dafür wichtige Ausgangsinformationen. Das EU-Projekt MURBANDY (Monitoring Urban Dynamics), später MOLAND (Monitoring Land Use/Cover Dynamics), zeichnete die Veränderung der Landnutzung in jeweils 4 Zeitschnitten über einen Zeitraum von 50 Jahren auf, allerdings nur für 29 ausgewählte europäische Großstädte (EEA 2006, LAVALLE et. al. 2002). Eine flächendeckende Aufnahme Europas bietet erstmals CORINE Land Cover (CLC). Dieser Vektor-Datensatz der Flächenbedeckung und –nutzung wurde für alle EU-Länder, für Beitrittskandidaten und für einige weitere Länder für die Erhebungszeitpunkte 1990 und 2000 erarbeitet. Außerdem wurde die Flächennutzungsänderung innerhalb dieses Zeitraumes erfasst (HEYMANN et. al., 1994).

Anhand von Daten aus CLC ist es möglich, die Flächennutzungsstruktur europäischer Länder raum-zeitlich zu vergleichen und ihre Entwicklung gegenüber zu stellen. Dieses ist Inhalt der vorliegenden Arbeit, wobei der Schwerpunkt der Betrachtungen auf der Entwicklung der Siedlungsfläche liegt. Verschiedene Indikatoren werden flächendeckend für Europa auf NUTS3-Ebene und für Deutschland, Frankreich und England/Wales auf LAU2-Ebene (Gemeinde) berechnet und in Kartenform visualisiert. Die Landnutzungsdaten werden in Zusammenhang gestellt mit statistischen Daten zur Bevölkerungsgröße und Wirtschaftskraft. Die Analyseergebnisse sollen zeigen, wie sich der Flächenverbrauch in den einzelnen Ländern verhält und inwieweit sich Erkenntnisse aus der Verknüpfung der Flächennutzungsdaten mit demographischen bzw. ökonomischen Daten der Statistik ziehen lassen. Dabei werden auch die Möglichkeiten und Grenzen der CLC-Daten für derartige Betrachtungen reflektiert.

Die vollständigen Ergebnisse der Studie einschließlich einer Kartenserie aller Indikatoren für die europäischen Länder im Maßstab 1 : 6 000 000 wird in SCHUBERT (2007) dargestellt.

### 2 CORINE LAND COVER - DATENGRUNDLAGE UND METHODIK

Das Projekt CORINE Land Cover und seine Ergebnisdaten wurden schon wiederholt auch auf der CORP vorgestellt (STEINNOCHER et. al. 2006, MEINEL, HENNERSDORF 2002). Ziel von CORINE Land Cover (CLC) ist eine einheitliche Erfassung der Bodenbedeckung bzw. Landnutzung auf europäischer Ebene. Die Daten sollen der Umwelt-und Ressourcenplanung dienen. Durch CLC werden erstmals homogene Daten für die EU und einige weitere Länder bereitgestellt. IMAGE2000 lieferte die orthorektifizierten Satellitenbilder als einheitliches Mosaik für alle Teilnehmerländer, die die Grundlage für CLC2000 bilden. Damit wurde eine erhebliche Verbesserung gegenüber der Datengrundlage für CLC1990 erreicht (KEIL et al. 2003, S.1f.).

Am CORINE Land Cover-Projekt haben alle EU-Staaten und die PHARE-Länder teilgenommen, wobei für einige Länder nicht alle CLC-Daten vorhanden sind, z. B. liegt für Liechtenstein nur CLC2000, die Schweiz lediglich CLC1990 vor, wobei hier die Nomenklatur nur bis zur zweiten Ebene geführt wurde. Eine weitere Sonderstellung haben Albanien, Bosnien-Herzegowina und Mazedonien. Bei diesen Ländern ist keine einheitliche Qualität gesichert, weil sie nicht den strengen Regeln von CLC2000 unterlagen.

Während die CLC2000-Daten in Vektor- und Rasterformat vorliegen, sind die CLC1990-Daten nur im Rasterformat mit 100 m und 250 m Rasterauflösung erhältlich. Der Datensatz der Flächennutzungsänderungen (CLC-Change) ist im Vektor- und Rasterformat erhältlich. Zu beziehen sind die Daten über die Europäische Umweltagentur EEA (<http://dataservice.eea.europa.eu>). Lediglich die deutschen und österreichischen Daten sind nur gesondert beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bzw. beim österreichischen Umweltbundesamt erhältlich.

CLC wurde mit einheitlichen Aufnahmemethoden erhoben, damit eine homogene Datengrundlage entsteht. Der Maßstab beträgt 1:100 000. Dabei gilt für alle aufzunehmenden Flächen eine Mindestgröße von 25 ha. Die CLC – Nomenklatur unterteilt sich in drei Ebenen, wobei auf der dritten Ebene 44 Klassen unterschieden werden. Die erste Ebene kennzeichnet die Hauptlandnutzungsklassen, die zweite Ebene ist für Maßstäbe von 1:500 000 bis 1:100 000 und die dritte Ebene für den Maßstab 1:100 000 geeignet (FERANEC et al. 2005, S.3). Einzelne Länder wie Estland, Finnland, Irland, Italien, Luxemburg und Portugal haben die Nomenklatur um weitere Ebenen ergänzt. Bei CLC1990 erfolgte die Aufnahme im wesentlichen zwischen 1986 und 1995, bei CLC2000 zwischen 1999 und 2001. Damit sind die Daten von 1990 wesentlich ungenauer und schwerer vergleichbar (EEA 2000, S. 4).

Die einheitliche Datengrundlage für CLC2000 lieferte das Satellitenbildmosaik IMAGE2000. Dadurch wurden bei CLC2000 gegenüber CLC90 wesentliche Genauigkeitsverbesserungen erreicht. Die wesentlichen Unterschiede von CLC2000 gegenüber CLC1990 sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Anforderungen	CLC1990	CLC2000
zeitliche Genauigkeit	1990 +/-5 Jahre (1986 – 1995)	2000 +/-1 Jahr (1999-2001)
Erstellung	Photointerpretation mit Hilfe von Folien	Bildschirmdigitalisierung, in Einzelfällen Sat.bildklassifikation
geometrische Genauigkeit der Sat.bilder	100 m	25 m
Thematische Landnutzungsdaten	150 m	100 m
Aufnahmezeit (Projektdauer)	10 Jahre	3 Jahre
Produktionskosten	6 EUR/km <sup>2</sup>	3 EUR/km <sup>2</sup>
Dokumentation der Daten und des Prozesses	unvollständig	Standard-Metadata
Datenzugriff	unklare Verbreitungsrichtlinien	klare Bestimmungen

Tab. 1: Unterschiede von CLC1990 und CLC2000 (Quelle: EEA 2000, S.4)

Da die Mindestflächengröße bei der CLC-Aufnahme 25 ha beträgt, werden kleinere Flächen der Nachbarfläche mit entsprechender Größe und Priorität zugeschrieben (CORINE land cover technical guide-Addendum 2000). Im Rahmen der Erstellung von CLC2000 wurden auch die Erstaufnahmen CLC1990 korrigiert, da diese z.T. erhebliche Mängel aufwiesen. Dies ist auf eine nicht einheitliche Satellitenbildgrundlage und auf die ‚traditionelle‘ Erfassungsmethode durch das Zeichnen von Interpretationsfolien und anschließende Digitalisierung zurückzuführen. In einigen Ländern war die Korrektur der CLC1990 Daten wesentlich aufwendiger als die Aktualisierung auf CLC2000 (BÜTTNER et al. 2004).

Ziel von CLC2000 war nicht nur die Aktualisierung der CLC1990-Daten sondern auch die Ermittlung der Veränderungen innerhalb dieser Jahre. Dazu entstand der CLC-Change Datensatz, bei dem die Mindestflächengröße auf 5 ha (sonst 25 ha) herabgesetzt wurde. Allerdings werden nicht alle Veränderungen berücksichtigt. Änderung zwischen 5 und 25 ha werden nur dann aufgenommen, wenn sie zu einem bereits bestehenden Polygon gehören. Das bedeutet, dass neue isolierte Änderungen (z. B. ein Gewerbegebiet auf

bis dahin landwirtschaftlich genutzter Fläche) nur aufgenommen werden, wenn sie größer als 25 ha sind, also der kleinsten Erhebungseinheit von CLC2000 entsprechen.

Verglichen mit den ursprünglichen CLC1990-Daten ist die geometrische Genauigkeit des korrigierten CLC1990 und damit auch von CLC2000 und CLC-Change deutlich verbessert worden. Der Lagefehler liegt unter 100 m, die thematische Genauigkeit beträgt mindestens 85 %. Qualitätskontrollen beseitigten topologische Fehler, unklassifizierte Flächen und ungültige Kodierungen, wie sie in den Originaldaten von CLC1990 z.T. noch vielfältig vorkamen (BÜTTNER et al. 2004, S.7f.).

### 3 METHODISCHE BETRACHTUNGEN

Die Analysen wurden auf Grundlage von Rasterdaten der Datensätze CLC1990 und CLC2000 durchgeführt. Während CLC1990 nur als Rasterdatensatz zur Verfügung steht, liegt CLC2000 auch als Vektordatensatz vor. Obwohl dieser als Quelldatensatz genauer ist, wurde mit dem Rasterdatensatz 2000 gearbeitet, denn die Lageabweichungen zwischen den Rasterdaten 1990 und den Vektordaten 2000 sind sehr groß und betragen beispielsweise für Deutschland 160 m! Sie lagen damit über der Auflösung des Rasters (100 m) und würden bei dem Vergleich mit den Vektordaten 2000 zu erheblichen Verfälschungen führen. Auch ist die Lageabweichung zwischen Vektor- und NUTS3-Grenzen höher als bei den Rasterdaten.

Tabelle 2 zeigt die unterschiedlichen Ergebnisse, die sich bei der Auswertung der Vektor- und Rasterdaten durch Lagefehler und die rasterbedingten Auflösungsunterschiede ergeben. Genutzt wurden NUTS3-Daten von GfK MACON und CLC Daten im Raster- und Vektorformat. Es ist aber zu beachten, dass einige besonders starke Abweichungen durch die Struktur der CLC-Daten bedingt sind. Die Klasse 523 (Meere/Ozeane) beispielsweise ist im Raster kaum enthalten, im Vektor jedoch sehr weitreichend in Nord- und Ostsee hinein, so dass, bedingt durch die Lageabweichung von Vektordaten und NUTS3-Daten, diese fälschlicherweise mit aufgenommen wurden. Abweichungen in den Klassen 243 (Landwirtschaft mit natürlicher Bodenbedeckung), 411 (Sümpfe), 421 (Salzwiesen), 511 (Gewässerläufe) und 522 (Mündungsgebiete) entstehen durch die Pixelstruktur des Rasters, was besonders bei diesen kleinteiligen bzw. sehr schmalen Flächen zu größeren Ungenauigkeiten führt. Außerdem liegen dort die Abweichungen teilweise bei wenigen Pixeln. Die Abweichung der Klasse 331 (Strände und Dünen) ergibt sich durch den Lagefehler, denn bei den Vektordaten wird diese im Norden Deutschlands befindliche Kategorie oft abgeschnitten.

CLC- Code	Flächennutzung						Flächennutzungsänderung (2000 – 1990)			
	Ausgangsdaten				Differenz Raster zu Vektor (%)		Differenz 2000 – 1990 (ha)		Differenz Raster zu Vektor	
	1990 (ha)		2000 (ha)		1990 <sup>77</sup>	2000 <sup>78</sup>	Vektor	Raster	ha	% <sup>79</sup>
	Vektor	Raster	Vektor	Raster						
111	23 072	23 105	23 110	23 144	0,14	0,15	38	39	-1	1,72
112	2 124 329	2 125 955	2 219 544	2 221 118	0,08	0,07	95 215	95 163	52	-0,05
121	248 586	248 966	306 486	306 790	0,15	0,10	57 900	57 824	76	-0,13
122	16 542	16 477	17 316	17 278	-0,39	-0,22	774	801	-27	3,34
123	10 873	10 943	10 922	10 921	0,64	-0,01	49	-22	71	323,78
124	46 660	46 658	47 364	47 378	0,00	0,03	703	720	-17	2,31
131	119 841	119 793	104 435	104 478	-0,04	0,04	-15 406	-15 315	-91	-0,60
132	17 273	17 329	17 784	17 834	0,32	0,28	512	505	7	-1,28
133	7 319	7 341	7 404	7 436	0,30	0,44	85	95	-10	10,54
141	42 307	42 340	42 569	42 597	0,08	0,07	263	257	6	-2,18
142	77 428	77 908	96 048	96 581	0,62	0,56	18 620	18 673	-53	0,28
211	13 949 658	13 947 285	13 681 405	13 677 862	-0,02	-0,03	-268 253	-269 423	1 170	0,43
212	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
221	129 047	128 961	129 197	129 109	-0,07	-0,07	149	148	1	-0,70
222	148 692	148 962	122 811	123 069	0,18	0,21	-25 882	-25 893	11	0,04
223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
231	4 432 430	4 434 818	4 533 661	4 536 016	0,05	0,05	101 231	101 198	33	-0,03
241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
242	2 071 055	2 071 057	2 061 688	2 062 207	0,00	0,03	-9 367	-8 850	-517	-5,84
243	870 992,1	873 367	867 308,8	870 029	0,27	0,31	-3 683,3	-3 338	-345	-10,34
244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
311	2 394 483,1	2 395 652	2 399 678,4	2 400 763	0,05	0,05	5 195,3	5 111	84	-1,65
312	5 664 595,2	5 665 348	5 628 348,8	5 628 961	0,01	0,01	-36 246,4	-36 387	141	0,39
313	2 348 823,9	2 347 602	2 363 304,4	2 362 107	-0,05	-0,05	14 480,5	14 505	-25	0,17
321	196 678,4	197 123	175 495,6	175 860	0,23	0,21	-21 182,8	-21 263	80	0,38
322	56 676,4	56 746	56 023,2	56 088	0,12	0,12	-653,2	-658	5	0,72
323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
324	143 279,9	143 123	209 078,6	209 272	-0,11	0,09	65 798,7	66 149	-350	0,53
331	10 225,9	11 993	10 089,6	11 788	17,28	16,83	-136,3	-205	69	33,52
332	16 944,3	16 574	16 944,3	16 611	-2,19	-1,97	0	37	-37	100,00
333	44 122,8	44 423	47 441,5	47 854	0,68	0,87	3 318,7	3 431	-112	3,27
334	140,2	142	0	0	1,28	0	-140,2	-142	2	1,26
335	30,0	32	30,0	32	6,55	6,55	0	0	0	0,00
411	48 267,9	49 387	48 046,1	49 286	2,32	2,58	-221,8	-101	-121	-119,61
412	89 983,0	90 097	88 385,8	88 476	0,13	0,10	-1 597,2	-1 621	24	1,47
421	14 535,4	15 741	14 890,5	16 126	8,29	8,30	355,1	385	-30	7,77
422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
423	10 699,4	7 639	10 037,2	6 975	-28,60	-30,51	-662,2	-664	2	0,27
511	69 815,3	70 595	70 549,1	71 455	1,12	1,28	733,8	860	-126	14,67
512	265 384,0	264 463	283 507,3	282 575	-0,35	-0,33	18 123,3	18 112	11	-0,06
521	7 658,5	3 225	7 657,6	3 224	-57,89	-57,90	-0,9	-1	0	10,63
522	2 889,5	1 479	2 858,1	1 429	-48,82	-50,00	-31,4	-50	19	37,15
523	4 928,0	0	4 846,0	0	-100,0	-100,0	-82,0	0	-82	100,00
Σ	35 726 264 ,1	35 722 649	35 726 264	35 722 729						

Tab. 2: Unterschiede bei der Auswertung von CLC-Vektor- bzw. CLC-Rasterdaten am Beispiel Deutschland

<sup>77</sup> Berechnung:  $100 - (\text{Vektor}1990 \cdot 100 / \text{Raster}1990)$

<sup>78</sup> Berechnung:  $100 - (\text{Vektor}2000 \cdot 100 / \text{Raster}2000)$

<sup>79</sup> Berechnung:  $100 - (\text{Vektor}(2000 - 1990) \cdot 100 / \text{Raster}(2000-1990))$

Auch wenn dieses Beispiel nur für Deutschland steht, so wird es in anderen Ländern ähnlich sein, da dort ebenfalls Lageabweichungen und Auflösungsprobleme gegeben sind. So sind besonders schmale Gewässerläufe oder kleinteilige Gebiete in einem Raster schwer darstellbar und es kommt zu Über- oder Unterschätzungen. Deshalb ist es wichtig, bei detaillierten Auswertungen auch die Flächenstruktur und -größen der einzelnen Klassen bzw. Objekttypen zu berücksichtigen.

Zur weiteren Beurteilung der Eingangsdaten wurden CLC2000 Daten auf Kreisebene aggregiert (Deutschland) und mit Flächennutzungsdaten von den Statistischen Ämtern des Bundes und der Länder (Stand: Dez. 1996) verglichen (Abb. 1). Die Daten der Statistik beruhen auf der Auswertung des bei den kommunalen Katasterämtern geführten Liegenschaftskatasters. Der Unterschied der Datensätze besteht nun darin, dass die katastergestützte Aufnahme stets das gesamte Flurstück betrachtet und nicht die tatsächliche Bebauung, die oft nur Teile des Flurstücks einnimmt.

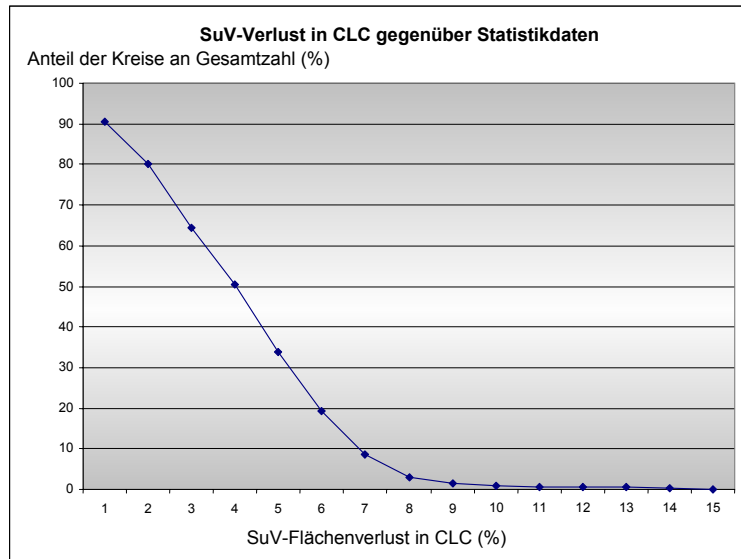


Abb. 1: Anteil der Kreise in Deutschland in Abhängigkeit der SuV-Differenz zwischen Flächenstatistik und CLC-Daten

Bei dem Vergleich zeigt sich, dass 90 % der Kreise in CLC einen Fehler von 1 %, 34 % einen Fehler von 5 % und nur noch 1 % der Kreise einen Fehler von mehr als 10 %. Kein Kreis hat mehr als 15 % Abweichung. Meist handelt es sich dabei um eine Unterschätzung der Siedlungs- und Verkehrsfläche, wie sie für CLC typisch ist.

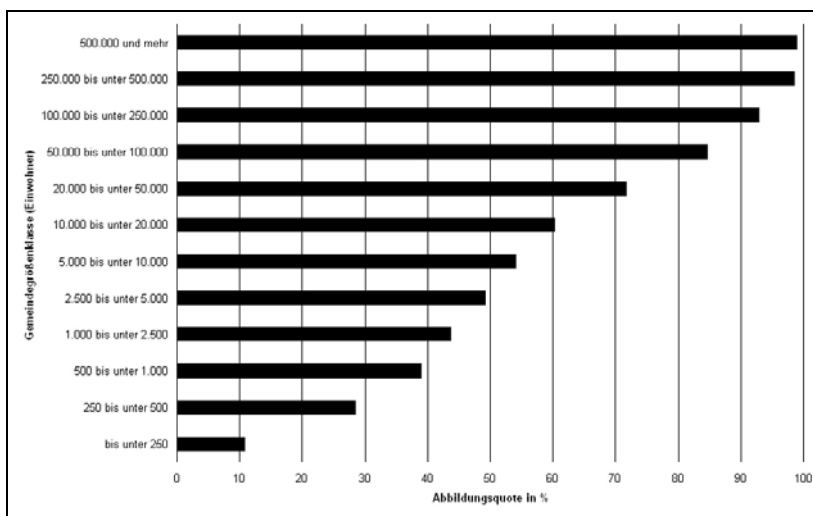


Abb. 2: Erfassung der SuV-Fläche in CLC in Abhängigkeit von der Gemeindegrößenklasse in Deutschland

Weiterhin wurde für Deutschland die Abbildungsquote von CLC nach Gemeindegrößenklassen ausgewertet (Abb. 2). Für definierte Gemeindegrößenklassen wurde der Umfang der in CLC ausgewiesenen Siedlungsflächen mit dem „amtlichen“ Bestand an Siedlungs- und Verkehrsfläche verglichen. Es wird

deutlich, dass insbesondere in Kleinstädten und ländlichen Gemeinden Untererfassungsprobleme zu konstatieren sind (Untererfassung zwischen 75 und 90 %). Dagegen kann für Großstädte davon ausgegangen werden, dass die urbane Flächennutzung nahezu vollständig in CLC abgebildet ist (Abb. 2).

In einer weiteren Untersuchung wurden die Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile von CORINE Land Cover mit den Ortslagendaten des Basis-DLM von ATKIS auf Gemeindeebene in Deutschland verglichen, wobei Ortslagen die zusammenhängend bebaute Flächen darstellen (Objektart 2101 in ATKIS). Die Flächenanteile wurden jeweils durch Verschneidung mit den Gemeindegrenzen ermittelt. Abbildung 3 und 4 zeigen die Ergebnisse des Flächenvergleichs sortiert nach Gemeindegrößenklassen. Es wird wieder deutlich, dass bei Gemeinden mit geringer Einwohnerzahl und folglich kleinen Siedlungsflächen eine Unterschätzung der Siedlungs- und Verkehrsfläche von CLC erfolgt (Abb. 3). Diese Unterschätzung ist umso höher, je kleiner die Gemeinden nach Einwohnern und Flächen sind.

Abbildung 4 zeigt den Flächenvergleich für große Gemeinden ab 10 000 Einwohnern. Hier stimmt die CLC-Siedlungsfläche sehr genau mit der ATKIS-Ortslagenfläche überein, da die absolute Siedlungs- und Verkehrsfläche in diesen Gemeinden über 25 ha liegt. Ab einer Gemeindegrößenklasse von mehr als 20 000 Einwohnern liegt die SuV von CLC dann über der als Referenzfläche dienenden ATKIS-Fläche. Dieses ist auf den höheren Generalisierungsgrad der CLC-Kartierung (Maßstab 1 : 100 000) gegenüber der ATKIS-Kartierung im Maßstab 1 : 10 000 zurückzuführen.

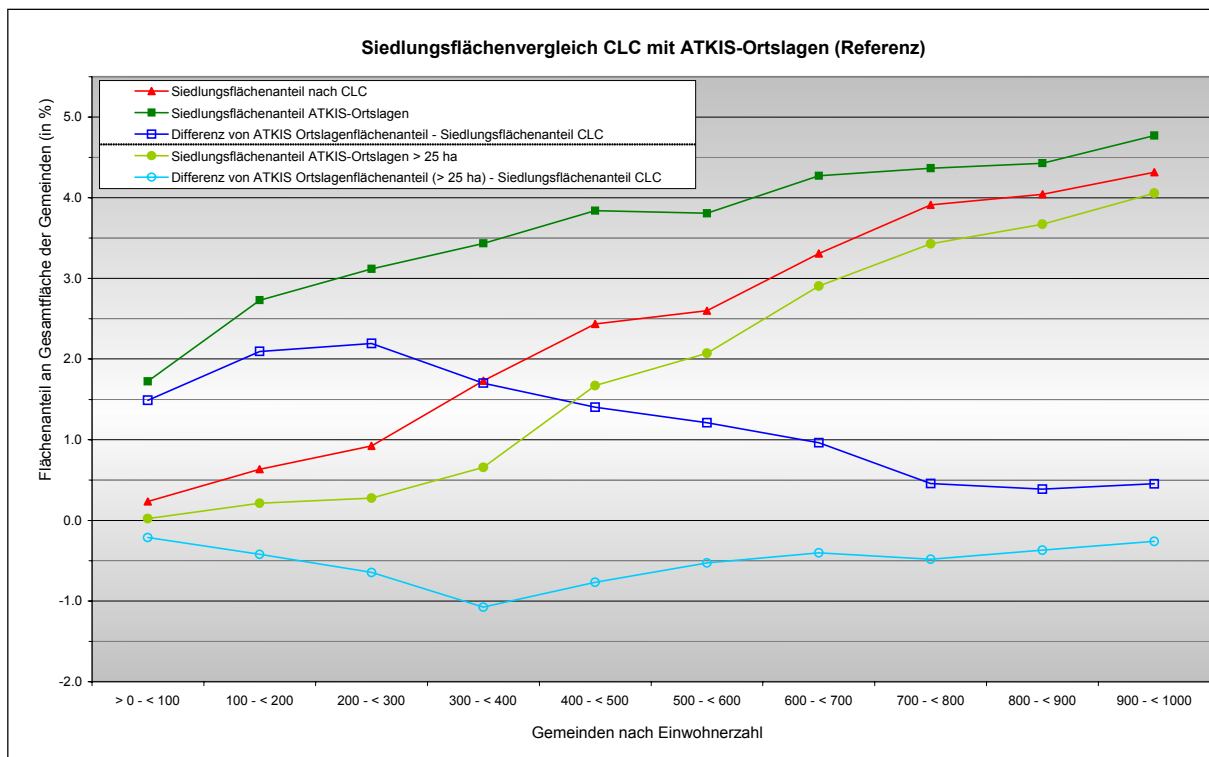


Abb. 3: Siedlungsflächenvergleich von CLC mit ATKIS bei Gemeinden unter 1 000 Einw. in Deutschland



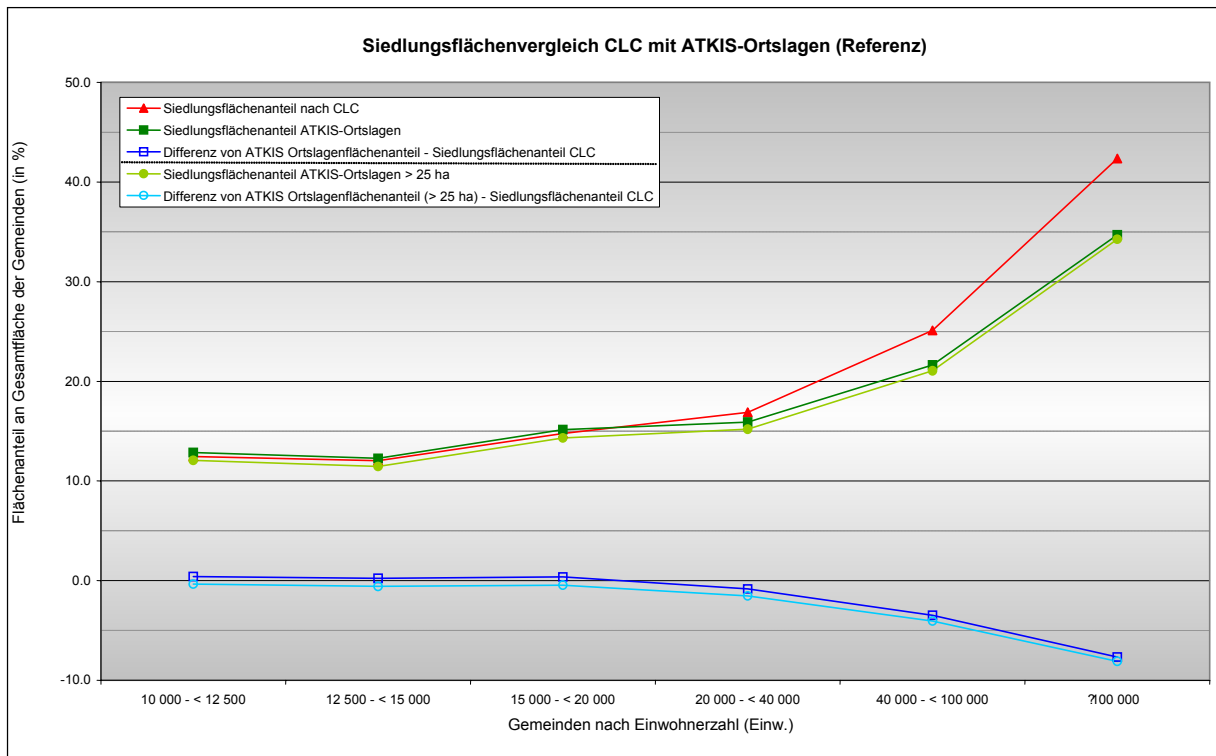


Abb. 4: Siedlungsflächenvergleich von CLC mit ATKIS bei Gemeinden über 10 000 Einw. in Deutschland

Ein weiteres Problem der CLC-Daten liegt - wie bei allen manuellen Kartierungen - in der Abgrenzung und Klassenzuordnung der Flächen. Da alle Länder 1 km über ihre Staatsgrenze hinaus kartiert wurden, sind diese doppelt erfassten Flächen für einen Homogenitätsvergleich der Länderkartierungen bestens geeignet. So zeigen sich z. B. im Grenzgebiet von Deutschland, Polen und Tschechien erhebliche Abweichungen.

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Siedlungs- und Verkehrsfläche 1990

Die Auswertung der Karte der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile der NUTS3-Gebiete des CLC1990 Datensatzes zeigt deutlich den hohen Verstädterungsgrad in Mitteleuropa. Auffällig sind die hohen SuV-Anteile in den Großräumen Paris und London sowie in den Niederlanden, Belgien und dem Ruhrgebiet (Tab. 3). Zwar sind deutsche Städte insbesondere in ihren Zentren ebenfalls sehr dicht bebaut, doch durch Eingemeindungen umliegender kleinstädtischer oder ländlicher Gebiete haben sie einen geringeren Siedlungs- und Verkehrsflächenanteil, als die auf den urbanen Kern beschränkten NUTS3-Gebiete von Paris oder London.

Rang	NUTS3-Code	Name der NUTS3-Einheit	SuV 1990 (%)
1	FR101	Paris	97,8
2	UKI12	Inner London – East	97,8
3	UKI11	Inner London – West	96,9
4	UKD52	Liverpool	93,8
5	FR106	Seine-Saint-Denis	89,0
...	...	....	....
19	DEA55	Herne	80,2
24	DE212	München	75,4
31	DEA32	SK Gelsenkirchen	70,6
33	DEA17	SK Oberhausen	69,2
34	DE300	Berlin	68,5

Tab. 3: NUTS3-Gebiete mit den höchsten SuV-Anteilen 1990

Weiterhin zeigt sich, dass Frankreich mit nur 4 Gebieten in den ersten 100 Plätzen mit hohem SuV-Anteil vertreten ist, das Vereinigte Königreich (zumeist England) 34-mal und Deutschland 49-mal. In der visuellen Darstellung ist die „Blaue Banane“, die Regionen sehr großer wirtschaftlicher Bedeutung umschließt, als Fläche mit hohem SuV-Anteil gut erkennbar. Auffällig sind die niedrigen SuV-Anteile in Süd- und Osteuropa, dort stechen oft nur die Hauptstädte hervor. Allerdings dürfen die Siedlungs- und Verkehrsflächen in diesen Gebieten nicht unterschätzt werden. Da die Mindesterfassungsgröße auch von Siedlungen bei 25 ha liegt, werden vor allem dörflich besiedelte Gebiete in ihrer Siedlungsfläche stark unterschätzt (siehe Abschnitt 3).

#### 4.2 Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung 1990 – 2000

Zur Bestimmung der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung dienten die Rasterdaten CLC1990 und CLC2000. Mit Abstand den höchsten Zuwachs mit fast 21 % an Siedlungs- und Verkehrsfläche hat Derby in England bedingt durch ein hohes Wachstum an Industrie- und Gewerbeflächen (Tab. 4).

Rang	NUTS3-Code	Name der NUTS3-Einheit	SuV-Zunahme 1990 - 2000 (%)
1	UKF11	Derby	20,7
2	UKK11	City of Bristol	9,2
3	DE806	SK Wismar	9,2
4	UKG34	Dudley and Sandwell	8,7
5	UKJ23	Surrey	8,6
6	UKG33	Coventry	8,3
7	NL332	Agglomeratie's-Gravenhage	8,2
8	PT114	Grande Porto	8,0
9	UKK21	Bournemouth and Poole	8,0
10	UKF14	Nottingham	7,3

Tab. 4: Siedlungs- und Verkehrsflächenzunahme 1990 bis 2000

Bemerkenswert ist die Rangliste der SuV-Entwicklung, auf der 7 der ersten 10 NUTS-Einheiten mit dem höchsten SuV-Zuwachs in England liegen. In Abb. 5 sind die Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile im Ländervergleich dargestellt. Die Beneluxländer weisen den höchsten SuV-Anteil auf, wobei Belgien mit knapp über 20 % besonders heraussticht. Auch Deutschland hat im Vergleich zu den anderen Ländern einen relativ hohen Prozentsatz an Siedlungs- und Verkehrsfläche. Der SuV-Anteil und seine Veränderung für England sind durch eine gegenüber den anderen Ländern abweichende Erhebungsmethodik allerdings im



Vergleich erschwert (keine Aufnahme aus Satellitenbildern sondern Umkartierung eines vorhandenen Datensatzes).

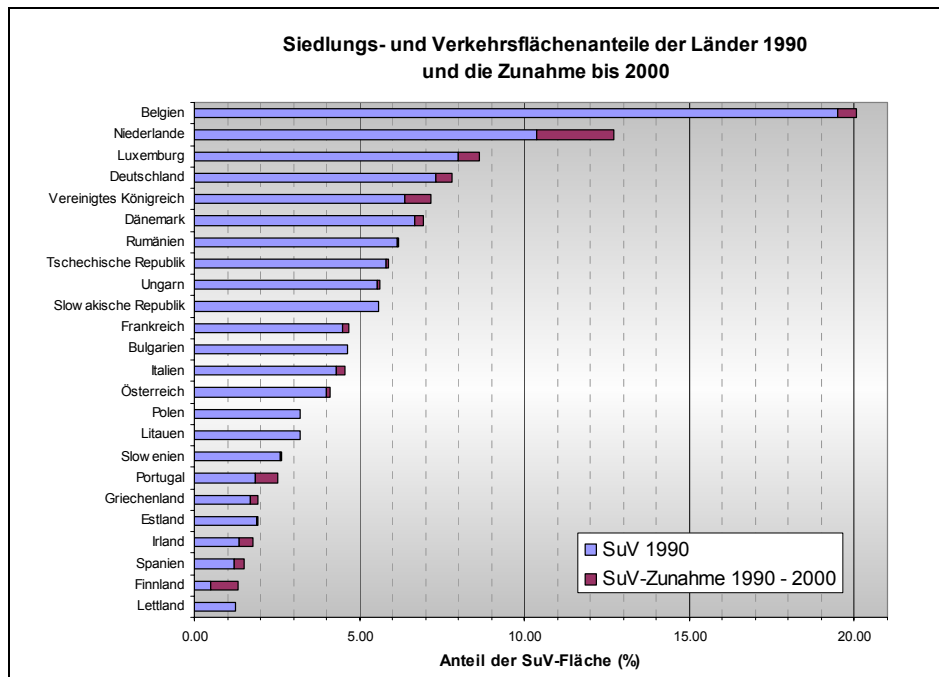


Abb. 5: SuV-Anteile europäischer Länder in den Jahren 1990 und 2000

Die Niederlande haben im gesamten Land eine hohe Zuwachsrate an Siedlungs- und Verkehrsfläche, besonders aber im Westen. Die Ursache ist hier in einer fortschreitenden Verstädterung zu sehen aber auch in der Umwandlung von Wasserflächen in künstliche Flächen (HAZEU 2003, S.49). Eine besonders hohe Zunahme ist auch für Finnland zu erkennen, besonders im südlichen Teil, ebenso für die Küste Portugals. Auch einzelne Teile Deutschlands weisen eine relativ hohe Zunahme auf. Da der Zeitraum zwischen den Aufnahmen in den einzelnen Ländern stark variiert (von 14 Jahren für die Niederlande bis zu 5 Jahren für Slowenien) wurde die Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung zusätzlich linear umgerechnet auf die durchschnittliche jährliche Veränderung.

### 4.3 Analyse der Siedlungsdichte

Die Siedlungsdichte ergibt sich aus dem Verhältnis der Einwohnerzahl zur Siedlungs- und Verkehrsfläche. Sie wurde ebenfalls auf Basis von NUTS3-Einheiten berechnet und visualisiert. Auffällig sind die zum Teil sehr hohen Siedlungsdichten, auch in Gebieten, die sonst als eher schwach besiedelt gelten. Hier offenbaren sich erneut Untererfassungsprobleme von CORINE Land Cover, da bei einer Mindestflächengröße von 25 ha ländliche Siedlungsnutzungen häufig nicht erfasst werden. Damit wird die Bevölkerung nur auf die großen zusammenhängenden Siedlungsflächen verteilt und die Siedlungsdichte in ländlichen Regionen zwangsläufig überschätzt. In Polen beispielsweise lebt 38 % der Bevölkerung in Dörfern (BIELECKA & CIOLKOSZ 2004, S.32). In solchen Regionen ist die Berechnung der Siedlungsdichte auf Basis von CLC fehlerbehaftet.

In Ländern mit einem hohen Anteil an städtischer Bevölkerung kann hingegen davon ausgegangen werden, dass die Siedlungsdichte annähernd richtig wiedergegeben wird. So ist die Darstellung für Mitteleuropa durchaus realistisch, für Südeuropa aber eher überschätzt. Es zeigt sich eine relativ hohe Siedlungsdichte für die Niederlande und auch für die deutschen Ballungszentren Ruhrgebiet und Frankfurt/Main. Das Ost-West-Gefälle wird ebenfalls sichtbar. Fast alle Hauptstädte heben sich durch eine gegenüber ihrem Umfeld hohe Siedlungsdichte ab.

### 4.4 Analyse der Flächenproduktivität

Die Flächenproduktivität ergibt sich als Quotient aus Bruttowertschöpfung (BWS) und Siedlungsfläche. Eine im ökonomischen Sinne effiziente Flächennutzung ist dann erreicht, wenn eine hohe Bruttowertschöpfung auf möglichst kleiner Siedlungsfläche erreicht wird. Als Fläche wird hier im engeren Sinne die Summe aus

Industrie-, Gewerbe- und Abbaufäche als die eigentliche Produktionsfläche und im erweiterten Sinn die Siedlungs- und Verkehrsfläche insgesamt zugrunde gelegt.

Eine hohe Flächenproduktivität kann nun aus einer geringen Siedlungsfläche oder einer hohen Bruttowertschöpfung resultieren. In der Visualisierung wird vor allem der Unterschied zwischen Ost- und Westeuropa deutlich. Ein deutlicher Unterschied in der Flächenproduktivität kann zwischen West- und Osteuropa festgestellt werden, wobei sich ein sprunghafter Abfall an der Grenze zwischen den alten und neuen Bundesländern Deutschlands abzeichnet. Besonders hohe Flächenproduktivitäten zeichnen sich in Großbritannien, den Beneluxländern, Westdeutschland und teilweise Italien ab, was auch den fortgeschrittenen Tertiärisierungsprozess der dortigen Ökonomien anzeigt. Die besondere hohe Flächenproduktivität in Österreich und Irland lässt sich auf die geringe Bezugsfläche für reine Produktion zurückführen. Hervorstechend in der Flächenproduktivität sind wiederum die meisten europäischen Hauptstädte.

#### 4.5 Analyse der Flächennutzungsintensität

Die (ökonomische) Flächennutzungsintensität wurde definiert als Quotient aus Industrie- und Gewerbefläche (CLC Klasse 121) je Einwohner bzw. je Beschäftigter. Sie ist umso höher, je weniger Industrie- und Gewerbefläche auf einen Einwohner bzw. Beschäftigten fällt. In der Visualisierung ist die relativ niedrige Flächennutzungsintensität in Nordeuropa und die sehr hohe in Polen, Österreich, Westdeutschland, dem Vereinigten Königreich und Irland auffallend. Ostdeutschland hat eine sehr geringe Nutzungsintensität in Folge des hier besonders drastischen Deindustrialisierungsprozesses. In Gebieten mit hohem Anteil landwirtschaftlicher Nutzung wie zum Beispiel in Österreich oder Teilen Spaniens und Portugals fällt die Nutzungsintensität höher aus, da in diesen Regionen meist weniger Industrie- und Gewerbefläche vorhanden ist. Ursache für geringe Nutzungsintensitäten sind Deindustrialisierungsprozesse (einhergehend mit dem Brachflächen industrieller und gewerblicher Flächennutzungen) sowie die fortschreitende Verbreitung von Fertigungs- und Distributionstechnologien mit hohem Flächenbedarf bei geringem Arbeitseinsatz. Tabelle 5 zeigt die NUTS3-Regionen mit der höchsten Flächennutzungsintensität in Europa.

Rang	Ind./Gewerbeflächenanteil [%]	NUTS3-Code	Name der NUTS3-Einheit	Flächennutzungsintensität (m <sup>2</sup> /Beschäftigter)
1	6	FR101	Paris	3,6
2	5	DK001	København og Frederiksberg kommuner	11,9
3	10	FR105	Hauts-de-Seine	21,3
4	8	UKJ31	Portsmouth	28,2
5	6	AT130	Wien	28,2
6	7	UKF21	Leicester	30,5
7	5	UKN01	Belfast	30,6
8	8	UKF14	Nottingham	31,0
9	7	DE111	SK Stuttgart	31,9
10	13	BE100	Bruxelles / Brussel	32,3

Tab. 5: Höchste Flächennutzungsintensitäten je Beschäftigter bei mind. 5 % Ind.- und Gewerbefläche in Europa

## 5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Bisher war es mangels einheitlicher Daten nicht möglich, die Flächennutzungsstruktur europäischer Länder zu vergleichen bzw. vergleichend zu bewerten. Durch CORINE Land Cover wird ein solcher Vergleich erstmals möglich. Durch einheitliche Aufnahme- und Arbeitsmethoden werden weitestgehend homogene Daten für die europäischen Länder zur Verfügung gestellt. Die Aggregation der Daten auf NUTS3-Ebene ermöglicht den Vergleich auf einer einheitlichen europäischen Raumbezugsebene. Durch die Zusammenfassung relevanter Klassen ist die Darstellung von Siedlungs- und Verkehrsfläche möglich und die Einbeziehung weiterer statistischer Daten wie Bevölkerungszahl, Beschäftigte und Bruttowertschöpfung erlaubt die Berechnung und Analyse wichtiger Effizienzindikatoren der Flächennutzung wie der Siedlungsdichte, der Nutzungsintensität oder der Flächenproduktivität. Die Change-Daten ermöglichen außerdem den Entwicklungsvergleich. Zur Überprüfung der Genauigkeit der Ergebnisse dient der deutsche Datensatz durch Vergleich mit Referenzwerten aus der Statistik. Die Aussagekraft der CLC-Daten wird mit ATKIS für Deutschland überprüft, welches bei einem Erfassungsmaßstab von 1 : 10 000 gegenüber dem Erfassungsmaßstab von 1 : 100 000 als Referenzdatensatz genutzt werden kann.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass es durch CORINE Land Cover möglich geworden ist, für Europa einheitliche Raumanalysen durchzuführen. Besonders für die Flächenhaushaltspolitik und den Umweltschutz können sie eine wesentliche Grundlage bilden. Allerdings zeigen die Untersuchungen auch die Grenzen des CLC-Datensatzes. So wurde zwar durch die Verbesserung der CLC1990-Daten bereits eine erhebliche Aufwertung erreicht, jedoch ergeben sich durch die relativ hohe Mindesterfassungsgröße von 25 ha noch einige Probleme, die sich vor allem bei der Auswertung bemerkbar machen. Durch die Nicht- oder nur unzureichende Erfassung ländlicher Siedlungsformen werden die Ergebnisse verfälscht und sind nicht ohne zusätzliche Informationen nutzbar. CLC ist daher für siedlungsstrukturelle Analysen nicht für alle Siedlungstypen uneingeschränkt geeignet. Hier wäre es sinnvoll, weitere Daten zu sammeln und ggf. länderspezifische Korrekturfaktoren zu erarbeiten. Für letzteres fehlt derzeit noch in vielen Ländern die Datengrundlage.

Der Fortführung und Verbesserung des Projektes kommt eine große Bedeutung zu. So wäre eine Senkung der Mindesterfassungsgrenze unabdingbar, damit systematische Fehler in der Analyse verschiedener Regionen vermieden werden. Dies ist für die Zukunft geplant, jedoch frühestens ab 2010. Das Projekt CLC2006 befindet sich in Vorbereitung, allerdings werden dabei aus Kostengründen die bisherigen Grundsätze von CLC2000 beibehalten. Auch eine automatische Klassifizierung wird es frühestens in CLC2010 geben, bis dahin wird weiterhin visuell interpretiert werden (persönliche Mitteilung von R. HÖFER/DLR). Ebenso sollten alle Daten im Vektorformat zugänglich sein, da diese genauere Analysen ermöglichen als die Rasterdaten. Auch würden ein einheitliches Datenformat und einheitliche Attributbenennungen die Arbeit erleichtern.

Schließlich weist die NUT3-Gebietsgliederung noch erhebliche Probleme auf. So gibt es noch 121 Regionen mit Überschreitung der Einwohnerobergrenze von 800 000 bzw. 426 mit Unterschreitung der Einwohneruntergrenze von 150 000. Dieses ist natürlich auf die zugrundeliegenden administrativen Gebietsgliederungen der Einzelländer zurückzuführen, führt aber in der vergleichenden Auswertung zu erheblichen systematischen Differenzen. Das Problem der fehlenden Abbildung kleiner Siedlungsflächen <25 ha könnte durch länderspezifische Korrekturfaktoren gelöst werden. Dies könnte auf Basis katasterbasierter Flächenerhebungen erfolgen, was derzeit aber nur für wenige europäische Länder möglich sein dürfte.

## 6 LITERATUR

- Bento, A. et al. (2003): The impact of urban spatial structure on travel demand in the United States. Research Policy Paper 3/007. World Bank, Washington DC.
- Bielecka, E., Ciolkosz, A. (2004): CORINE Land Cover 2000 in Poland – Final Report, Institute of Geodesy and Cartography, Warschau
- Büttner et al. (2004): The European Corine Land Cover 2000 project. In: EARSel eProceedings Vol.3, No.3, European Association of Remote Sensing Laboratories, S.331-346
- CORINE land cover technical guide - Addendum (2000): Technical report No 40, European Environment Agency
- EEA (2000): European Environment Agency: I&CLC2000 Technical Reference Document, July 2000
- EEA (2006): Urban sprawl in Europe - The ignored challenge, Publications of the European Communities, 2006, ISBN 92-9167-887-2, ISSN 1725-9177, EEA, Copenhagen
- Feranec, J.; Hazeu, G.; Christensen, S.; Jaffrain, G. (2005): Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia). Artikel im Druck in: Land Use Policy
- Hazeu, G. W. (2003): CLC2000 Land Cover database of the Netherlands – Monitoring land cover changes between 1986 and 2000, Alterra, Green World Research, Wageningen
- Heymann, Y.; Steenmans, Ch.; Croissille, G.; Brossard, M. (1994): CORINE Land Cover. Technical Guide, Office for Official Publications of the European Communities Luxemburg
- Keil, M.; Mohaupt-Jahr, B.; Kiefl, R.; Strunz, G. (2003): Update of the Corine land cover Data Base in Germany. In: Proceedings Fourth International Symposium "Remote Sensing of Urban Areas", 27-29 June 2003, Regensburg, S.72-72
- Lavalle, C. et. al. (2002): Monitoring, planning and forecasting dynamics in European areas - The territorial approach as key to implement European policies. CORP2002, TU Wien, S. 367-373
- Li, X.; Sun, L. (1997): Driving Forces of Arable Land Conversion in China. Interim Report 97-076. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria
- Meinel, G.; Hengersdorf, J. (2002): Bodenbedeckung und -nutzung, Grundinformationen für die Planung – zum Stand der europäischen Nomenklaturdebatte, CORP 2002, Wien, S. 179-188
- Schubert, I. (2007): Die Flächennutzungsstruktur Europas und ihre Veränderung zwischen 1990 und 2000 – quantitative Regionalanalysen auf Basis von CORINE Land Cover (CLC) und statistischen Daten, Diplomarbeit, TU-Dresden
- Schultz, B.; Dösch, F. (2005): Trends der Siedlungsflächenentwicklung und ihre Steuerung in der Schweiz und Deutschland. In: DISP (Dokumente und Informationen zur schweizerischen Orts-, Regional- und Landesplanung), Band 160, Heft Nr. 1, Zürich, Seite 5-15

