URBAN SMS Soil Management Strategy

Umweltauswirkungen der urbanen Bodeninanspruchnahme

S. Höke, S. Lazar & C. Kaufmann-Boll
February, 2011

CENTRAL EUROPE
COOPERATING FOR SUCCESS.

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND

BERICHT

Titel:

Entwicklung neuer Bodenmanagement-Strategien Teil 1
EU-Projekt URBAN SMS
(Projekt-Nr. 6.56)

WP 6: Umweltauswirkungen der urbanen Bodeninanspruchnahme

Datum:	21. Februar 2011
Auftraggeber:	Stadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz
Auftrag vom:	3. Februar 2009
Ansprechpartner:	Prof. Dr. Gerd Wolff Frau Petra Blümlein Herr Michael Schweiker
Auftragnehmer:	ahu AG Wasser · Boden · Geomatik, Aachen
Projektbearbeitung:	Dr. Silke Höke Dr. Silvia Lazar Dipl.-Geogr. Carolin Kaufmann-Boll
Aktenzeichen:	08337 / URBAN SMS
Ausfertigung Nr.:	Endfassung

ahu AG Wasser · Boden · Geomatik, Vorstand: Dr. H.-Georg Meiners

Kirberichshofer Weg 6, 52066 Aachen, Telefon: +49 241 900011-0, Fax: +49 241 900011-9

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG – AKZEPTANZ VON MAßNAHMEN ZUM BODENSCHUTZ 3

2 RAHMENBEDINGUNGEN DER WIRKUNGSBETRACHTUNGEN 4

3 WIRKUNGSBETRACHTUNGEN ZUR VERSIEGELUNG 6

3.1 Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf 6

3.2 Kühlungsleistung des Bodens 10

3.3 Produktion von Nahrungsmitteln 13

3.4 Boden als Staubsenke 15

3.5 Boden als Reaktor zum Abbau organischer Substanzen 18

4 ZUSAMMENFASSUNG 20

5 LITERATUR UND QUELLEN 21

5.1 Literatur 21

5.2 Internetquellen 22

1 EINLEITUNG – AKZEPTANZ VON MAßNAHMEN ZUM BODEN-SCHUTZ

In dem EU-Projekt „Bodenmanagement-Strategie für städtische Räume“ (URBAN SMS) ist eine der Hauptstrategien, das Schutzgut Boden stärker in das Bewusstsein von Fachfremden zu rücken. Die einzelnen Maßnahmen hierzu sind im Arbeitspaket 6 gebündelt. Dieser Bericht ist ein Beitrag zur Maßnahme 2.1, in deren Rahmen anschauliche Beispiele erarbeitet werden sollen, die das Verständnis für Bodenschutz-Maßnahmen und somit auch deren Akzeptanz durch die zuständigen Entscheidungsträger verbessern helfen.

Während die Notwendigkeit des Schutzes von Wasser und Luft in der Bevölkerung und bei Entscheidungsträgern anerkannt und im Bewusstsein etabliert ist, scheitern dagegen viele Bemühungen um den Schutz des Bodens noch immer an einem Mangel an Grundverständnis für die wichtigen und vielseitigen Funktionsleistungen der Böden.

Da angesichts der hohen Bodenverbrauchsraten jedoch schon heute Handlungsbedarf besteht, müssen vorrangig die derzeit verantwortlichen Entscheidungsträger über die Konsequenzen der Bodeninanspruchnahmen aufgeklärt und von der Notwendigkeit einer Umsetzung nachhaltiger Bodenschutzansätze überzeugt werden.

Das Ziel dieses Beitrags ist es, mit einfachen Wirkungsbetrachtungen den Wirkungsgrad und damit den „Wert“ der Böden für die Umwelt- und Wirtschaftssysteme aufzuzeigen. Dies erfolgt anhand von fünf Beispielen, aus denen die Folgen der Neuinanspruchnahme von Böden deutlich werden.

Bislang ist die Überzeugtheit von der Notwendigkeit einer nachhaltigen planerischen Bewirtschaftung der örtlichen Bodenvorräte – dazu zählt im urbanen Raum in erster Linie eine sparsame und schonende Bodeninanspruchnahme – bei den verantwortlichen Planern und Entscheidungsträgern noch zu gering ausgeprägt. Im Zusammenhang mit den Abwägungsprozessen in der Bauleitplanung sollte den Verantwortlichen in Zukunft bewusster werden, welche Folgen mit zusätzlichen Bodeninanspruchnahmen in Kauf genommen werden müssen. Gleichzeitig sollten die strategischen Vorteile einer Wiedernutzung bereits beanspruchter Böden im Hinblick auf zukunftsfähige Ansätze in der Stadtplanung als wichtiges Element zum Schutz der örtlichen Bodenvorräte stärker wahrgenommen werden.

2 RAHMENBEDINGUNGEN DER WIRKUNGSBETRACHTUNGEN

Ausgangspunkt – Versiegelung von Böden

Die Neuinanspruchnahme von Böden als Siedlungs- und Verkehrsfläche bzw. die damit verbundene Versiegelung ist die Hauptursache für Bodenverluste in urbanen Räumen. Aus diesem Grund wird nachstehend verdeutlicht, welche direkten Wirkungen die Überbauung auf den Funktionsraum Boden hat und welche indirekten Einflüsse auf weitere Umweltkompartimente, wie z.B. das Klima oder das Grundwasser bzw. die Oberflächengewässer, in Zusammenhang mit der Bodenversiegelung auftreten.

Die Ausgangsfrage in den nachfolgenden Wirkungsbetrachtungsbeispielen ist daher:

Was geschieht, wenn 1 ha Boden neu in Anspruch genommen (= versiegelt) wird?

Bezugsgrößen

Die Bezugsgröße ist jeweils 1 ha Boden von sehr hoher Qualität, der virtuell versiegelt wird. Dies ist für den Raum Stuttgart beispielsweise eine Parabraunerde aus dem Filderraum. Im Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS 2006) erreichen diese Böden die Qualitätsstufe 5 (sehr hoch), da sie die natürlichen Bodenfunktionen (Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen; Bestandteil des Naturhaushalts mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen; Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere zum Schutz des Grundwassers) in sehr hohem Maß erfüllen. Insofern zählen diese Parabraunerden zu den besten landwirtschaftlichen Böden Deutschlands. Sie bringen hohe Ernteerträge und können sehr große Mengen an Wasser speichern und filtern. Bei einer Wirkungsbilanz stellt die Überbauung dieser Parabraunerden im Stuttgarter Raum einen der ungünstigsten Fälle der Bodeninanspruchnahme dar.

Bezugszeiträume

Als Bezugszeitraum für die Wirkungsbetrachtungen wird zunächst 1 Jahr angesetzt. Ggf. erfolgt eine Hochrechnung auf 100 Jahre, wobei evtl. Preissteigerungen dabei nicht mitberücksichtigt werden.

Niederschlag, Grundwasserneubildung, Abfluss und Verdunstung

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge für das Stadtgebiet von Stuttgart beträgt 679 mm = 679 l pro m² und Jahr (berechnet für die Klimastation Stuttgart-Stadtmitte aus Daten der Jahre 1951 bis 1980).

Auf **1 ha** entfallen somit 6.790.000 l (= 6.790 m³) Niederschläge pro Jahr.

Die Flächengröße von Stuttgart beträgt 207 km² (= 20.700 ha). Das heißt, dass auf das Stadtgebiet von Stuttgart pro Jahr Niederschläge von rund 141 Mio. m³ fallen. Im Jahr 2009 waren 51,4 % des Stadtgebietes als Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt.

Ca. 67,9 Mio. m³ Niederschläge entfallen pro Jahr auf die naturnahen bzw. wenig überprägten Böden im Außenbereich und werden dort (zwischen-) gespeichert und an die Vegetation zu einem späteren Zeitpunkt abgegeben bzw. verdunsten (anteilsmäßig 483 mm oder ca. 70 %) oder bilden neues Grundwasser (ca. 19 %). Der anteilige Oberflächenabfluss von den offenen Böden in die Stuttgarter Bäche und Seen ist vergleichsweise gering (ca. 11 %).

3 WIRKUNGSBETRACHTUNGEN ZUR VERSIEGELUNG

Die Wirkungsbetrachtung der Versiegelung von Böden wird beispielhaft für fünf Themenfelder dargestellt. Soweit möglich und sinnvoll werden auch die monetären Konsequenzen aufgezeigt. Im Einzelnen wird die Bedeutung der Böden

- als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
- aufgrund ihrer Kühlfunktion als Ausgleichskörper für das Stadtklima,
- als Produktionsstandort für Nahrungsmittel für die örtliche Bevölkerung,
- als Staubsenke zur Reinhaltung der Stadtluft und
- als Reaktor zum Abbau organischer Substanzen

vorgestellt.

3.1 Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf

Durch die Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser wirken Böden als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf. Sie geben Wasser nach Niederschlägen erst zeitlich verzögert in die Oberflächengewässer und das Grundwasser ab. Durch die Versiegelung von Böden geht wichtiger Zwischenspeicherraum für Niederschlagswasser verloren. Die anfallenden Niederschlagsmengen müssen dann technisch beherrscht, d.h. gesammelt und schadlos abgeleitet werden.

Abbildung 1: Hochwasser Stuttgart-Zuffenhausen am 03.07.2009 (Quelle: © ANDREAS ROSAR / FOTOAGENTUR STUTTGART)

Als Folge davon gelangt das Niederschlagswasser fast ohne Zeitverzögerung als Oberflächenabfluss in den Vorfluter (Kanal oder Oberflächengewässer). Dadurch nehmen die Hochwasserrisiken zu und die Grundwasserneubildung nimmt ab.

Zunahme von Oberflächenabfluss und Hochwasserrisiken

Wird 1 ha Boden versiegelt, muss das Niederschlagswasser über die Kanalisation abgeführt werden und zum Schutz vor Überlastung müssen technische Speichermöglichkeiten geschaffen werden. Ohne den Zwischenspeicher Boden gelangen über die Kanalisation größere Mengen an Niederschlagswasser in kürzerer Zeit in die Vorfluter, d.h. es entstehen höhere Frachten, wodurch hohe Anforderungen an den Hochwasserschutz entstehen.

Im Folgenden wird die Wasserspeicher- und Ausgleichsleistung einer Parabraunerde dem Aufwand für die Ableitung der entsprechenden Menge an Niederschlagswasser gegenübergestellt.

***BEISPIEL*:**
Systemkostenschätzung technisches Niederschlagswassermanagement – Versiegelte Fläche versus Parabraunerde

Eine Parabraunerde auf den Fildern besitzt, bezogen auf 1 m Bodentiefe, eine nutzbare Wasserspeicherkapazität von ca. 200 l pro m² (= 2.000 m^3 pro ha). Die nutzbare Wasserspeicherkapazität, auch als nutzbare Feldkapazität (= nFK) bezeichnet, ist die Wassermenge, die in feineren Bodenporen entgegen der Schwerkraft festgehalten wird. Sie steht überwiegend zur Versorgung der Pflanzen und zur Verdunstung zur Verfügung. Zusätzlich enthalten solche Böden auch noch ca. 200 l pro m² (= 2.000 m^3) gröberen Porenraum, der Niederschlagswasser aufnehmen, aber nicht gegen die Schwerkraft festhalten kann. Dieser Porenraum wird auch als Luftkapazität (LK) bezeichnet. Der maximale Wassergehalt während und nach Niederschlägen **(LK + nFK) beträgt insgesamt 4.000 m³ pro ha**.

Ein Boden mit mittlerer Qualität dagegen erreicht einen maximalen Wassergehalt von insgesamt **1.710 bis 2.600 m³ pro ha** und kann im Hinblick auf die Niederschlagswasserversickerung gesichert nur 710 bis 1.300 m^3 pro ha Wasser aufnehmen, **also etwa halb so viel wie der sehr gute Boden** (Tabelle 1).

Tab. 1: Einstufung der Luftkapazität und der nutzbaren Feldkapazität der Böden im Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS 2006, verändert nach HOLLAND 1995, 1996)

Boden-parameter	Einstufung				
	5 sehr hoch	4 hoch	3 mittel	2 gering	1 sehr gering
nFK (l/m²)	> 200	200 bis 141	140 bis 91	90 bis 50	< 50
LK (l/m²)	> 180	131 bis 180	71 bis 130	30 bis 70	< 30

Kostenerhebung für die Beherrschung von Niederschlagswasser

Die für die Ableitung von Niederschlagswasser anfallenden Kosten werden seit dem 01.01.2007 in der Landeshauptstadt Stuttgart durch eine in Niederschlagswassergebühren und Schmutzwasserentgelte unterteilte Abwassergebührenerhebung auf die Grundstückseigentümer umgelegt.

Der Gebührensatz für die Niederschlagswasserbeseitigung lag im Jahr 2009 bei 0,65 € pro Quadratmeter versiegelter Fläche und Jahr.

Die Berechnungsfläche wird über einen empirisch ermittelten Faktor berechnet:

- bei Grundstücken bis zu 500 m^2: bebaute Fläche in m² x 1,52 €;
- bei Grundstücken größer 500 m^2 bis 1.000 m² : bebaute Fläche in m² x 1,68 €.

Wird 1 ha Boden versiegelt, ergeben sich für die Ableitung des Niederschlagswasser Gebühren pro Jahr von:

Niederschlagswassergebühr pro Jahr [€] =
Gebührensatz [€] * versiegelte Fläche [m²]

6.500 €/Jahr = 0,65 € * 10.000 m²

Die Kosten für die Niederschlagswasserbeseitigung betragen für einen Kalkulationszeitraum von 100 Jahren ohne Berücksichtigung möglicher Preissteigerungen:

Niederschlagswassergebühren pro 100 Jahre [€] =
spezifische Jahreskosten [€] * Nutzungszeit [a]

650.000 €/100 Jahre = 6.500 € pro Jahr * 100 Jahre Nutzungszeit

Abnahme der Grundwasserneubildung

Die langjährige mittlere jährliche Grundwasserneubildungsrate ohne Versiegelungseinflüsse beträgt in Stuttgart mit 126 l pro m² und Jahr rund 19 % vom Jahresniederschlag.

Wird 1 ha Boden versiegelt und das Niederschlagswasser über die Kanalisation abgeführt, fehlen somit 1.260 m³ an neu gebildetem Grundwasser.

Diese Grundwasserneubildungsmenge reicht aus, um rund 28 Einwohner Stuttgarts – bei einem pro Kopf Wasserverbrauch von 44,9 m³ pro Jahr – ein Jahr lang ausreichend mit Wasser zu versorgen.

Nach dem Hydrologischen System-Modell Stuttgart (UFRECHT 1998) beträgt die mittlere Grundwasserneubildung unter:

- Freiflächen (< 15 % versiegelt, Wald, Acker, Grünland, Rebflächen):
  4 l/s pro km² und Jahr (= 126 l pro m² und Jahr)

- Bebaute Flächen (gering bis sehr stark versiegelt):
  2 l/s pro km² und Jahr (= 63 l pro m² und Jahr)

In den Stuttgarter Filderbezirken liegen insgesamt rund 1.850 ha Böden mit hoher und sehr hoher Bodenqualität vor. Würden diese Böden überbaut, verringert sich die Grundwasserneubildung in diesem Bereich Stuttgarts bei Ansatz der mittleren Grundwasserneubildungsraten unter Freiflächen von 126 l pro m² und Jahr und unter bebauten Flächen von 63 l pro m² und Jahr um 1.165.500 m³.

Fazit

Bei der Versiegelung von 1 ha sehr guten Bodens, wie den Parabraunerden auf den Fildern, muss die durch den verlorenen natürlichen Speicher vorhandene überschüssige Wassermenge technisch beherrscht werden. Da die Abwassergebühren mehr oder weniger die anfallenden Kosten für Ableitung und Regenrückhaltung decken, müssen von der Volkswirtschaft hierfür jährlich 6.500 € aufgewendet werden. Für die angenommene Bestandszeit der Siedlung von 100 Jahren betragen die Aufwendungen 650.000 €.

Werden zum Beispiel die in den Stuttgarter Filderbezirken noch vorhandenen 1.850 ha Böden mit hoher Bodenqualität ebenfalls überbaut, errechnen sich bei einer mittleren Versiegelungsrate von 50 % zusätzlich 6.012.500 € Kosten pro Jahr für die durch die verlorene Speicherwirkung des Bodens notwendig werdende technische Beherrschung des Niederschlagswassers.

Gleichzeitig verringert sich die Grundwasserneubildung um rund 1,17 Millionen m³ pro Jahr. Diese Grundwassermenge reicht aus, um eine mittlere Kleinstadt mit rund 26.000 Einwohnern ein Jahr lang ausreichend mit Wasser zu versorgen.

3.2 Kühlungsleistung des Bodens

Die Verdunstung stellt eine entscheidende Größe für den Wasserkreislauf sowie für das Klima auf der Erde dar.

Die mittleren Anteile der Verdunstungsarten an der Gesamtverdunstung gibt SCHRÖDTER (1985) für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland wie folgt an:

- 72,6 % Transpiration durch Pflanzen,
- 16 % Interzeptionsverdunstung an Pflanzen (Verdunstung von Niederschlagswasser, das an Pflanzenoberflächen haften bleibt),
- 9,2 % Evaporation von Böden (Verdunstung von der Bodenoberfläche),
- 2,2 % Evaporation von Wasserflächen (Verdunstung von freien Wasserflächen).

Da sich die einzelnen Verdunstungsanteile mit Ausnahme der Verdunstung von Wasserflächen messtechnisch nur schwer trennen lassen, wird hierfür meist die Gesamtverdunstung angegeben (Evapotranspiration).

Die Verdunstung erfolgt überwiegend durch die Transpiration der Pflanzen. Wie viel Wasser den Pflanzen zur Verfügung steht, hängt gerade in trockenen und warmen Perioden wesentlich von der pflanzennutzbaren Wasserspeicherkapazität der Böden ab.

Die Verdunstung benötigt Energie, die der Umgebung als Wärme entzogen wird. Die Folge ist eine Abkühlung der bodennahen Luftschicht durch die Verdunstungskälte (BAUMGARTEN & LIEBSCHER 1996).

Die Evapotranspiration in Deutschland beträgt im Mittel in den Sommermonaten täglich 2 bis 3 mm pro Tag und in den Wintermonaten nur 0,1 bis 0,3 mm pro Tag (DWA 2002). Im Winterhalbjahr wird der Wasservorrat im Boden aufgefüllt, da die Verdunstung geringer als die Niederschlagsmenge ist. Im Sommerhalbjahr ist die Verdunstung durch die Pflanzen so hoch, dass der Bodenspeicher komplett entleert werden kann. Daher ist die Größe der Bodenwasserspeicherkapazität trotz der ganzjährigen Niederschläge in Deutschland sehr wichtig für die Klimawirkung der Böden. Durch hohe Verdunstungspotenziale im Sommer können Böden wesentlich zu einer Abkühlung der bodennahen Luftschicht und damit zu einem angenehmen Klima beitragen.

Abbildung 2: **Nebelbildung**
(Quelle: © MICHAEL.O / PIXELIO 2010)

Bodenversiegelung führt zu einer starken Einschränkung der Verdunstung. Im Folgenden wird die Kühlungsfunktion einer Parabraunerde der Kühlungsleistung einer versiegelten Fläche gegenübergestellt.

***BEISPIEL*:**
Verdunstungsleistung – Versiegelte Fläche versus Parabraunerde

Verdunstungsleistung der Parabraunerden der Fildern

Nach der mittleren klimatischen Wasserbilanz verdunsten im Raum Stuttgart im langjährigen Mittel 483 mm Niederschlagsanteile (483 l/m² Wasser pro Jahr, vgl. Kap. 2). Da die als Beispielboden gewählte Parabraunerde der Fildern allein rund 200 mm Wasser gegen die Schwerkraft festhalten kann (s. Kap. 3.1) und die Niederschläge ganzjährig verteilt fallen, werden diese Böden gemeinsam mit der Vegetation mindestens 483 mm pro Jahr verdunsten (= 4.830 m³ Wasser pro ha und Jahr).

Dieser Ansatz gilt, wenn der Grundwasserflurabstand mehr als 2 bis 2,5 m beträgt. Steht das Grundwasser höher als 2 bis 2,5 m an, kann die tatsächliche Verdunstung deutlich höhere Ausmaße erreichen, als die mittleren Verdunstungsraten der klimatischen Wasserbilanz widerspiegeln.

Verdunstungsleistung versiegelter Flächen

Durch Versiegelung wird das ursprüngliche Verhältnis zwischen Verdunstung, Versickerung und Abfluss (s. Kap. 2) gravierend verändert. HARLAß

(2008) gibt an, dass sich für vollständig versiegelte Oberflächen in der Jahresbilanz Verdunstungshöhen zwischen 15 bis 20 % der Jahresniederschlagsmenge ergeben.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge für das Stadtgebiet von Stuttgart beträgt 679 mm. Das bedeutet – unter Ansatz einer mittleren Verdunstungshöhe von 17,5 % – im Mittel für Stuttgart eine Verdunstung von voll versiegelten Flächen von etwa 119 mm pro Jahr.

Die Verdunstung entzieht pro Kubikmeter verdunstendes Wasser der Umgebung eine Energiemenge von rund 2.500 Megajoule (HARLAß 2008).

Verdunstungsleistung pro Hektar und Jahr:

Parabraunerde = 12.075 GJ (Gigajoule)

versiegelte Fläche = 2.975 GJ

Wird nun 1 ha Parabraunerde versiegelt, herrschen in Folge des reduzierten Wärmeentzugs durch Verdunstung aus dem Boden im Vergleich zum Zustand vor der Inanspruchnahme ein Energie- und damit ein Wärmeüberschuss von 9.100 GJ pro ha und Jahr in der bodennahen Atmosphäre. Dieser Wärmeüberschuss ist durch den Verlust der Kühlleistung einer bewachsenen Parabraunerde entstanden.

9.100 GJ entsprechen

- einer jährlichen Kühlleistung von rund 9.100 Gefrierschränken mit 270 l Inhalt und Energieeffizienzklasse A,

- ungefähr der jährlichen Energiemenge, die für die sommerliche Klimatisierung von 20.000 m² Büroflächen in Deutschland benötigt wird.

9.100 GJ **an klimarelevantem Wärmeüberschuss** pro Jahr entsprechen dagegen einer jährlichen Verbrennungsleistung von 248.430 m³ Erdgas.

Fazit

Viele größere Städte leiden bereits unter einer Überwärmung ihrer Innenstädte. Die regionalen Klimaprojektionen in Deutschland gehen überwiegend von einem Temperaturanstieg gerade in den Sommermonaten aus. Daher wird sich durch die Bodeninanspruchnahme, die einen Verlust an kühlenden Klimawirkungen verursacht, die zukünftige Temperaturzunahme in urbanen Räumen zusätzlich weiter verstärken.

Der langfristige Mittelwert der Lufttemperatur in einem Baugebiet liegt je 10 % Versiegelungsgrad um ca. 0,2 Grad Kelvin über der Temperatur der unbebauten Umgebung. Bei Strahlungswetterlagen erhöht sich die mittlere Tagesmitteltemperatur für die gleiche Versiegelungsspanne sogar um 0,3 bis 0,4 Grad Kelvin (STÄDTEBAULICHE KLIMAFIBEL 2008).

Hochfunktionale Böden wie z.B. die Parabraunerde erbringen erhebliche Kühlungsleistungen, denen im Umfeld größerer Städte in Erwartung einer weiteren Lufttemperaturzunahme durch den Klimawandel eine immer bedeutsamere Rolle zukommt.

3.3 Produktion von Nahrungsmitteln

Die Böden sind die einzigen nennenswerten Pflanzenstandorte. Dort werden weltweit unter anderem mehr als 90 % aller Nahrungsmittel, des Tierfutters und der Faserstoffe produziert (BMU 2002).

Bei der Bodeninanspruchnahme geht also wichtiger Produktionsraum für Nahrungs- und Futtermittel verloren.

Abbildung 3: Getreideanbau in der Region Stuttgart (Quelle: © UMWELTAMT STADT STUTTGART)

Zur Deckung des Bedarfs an Nahrungsmitteln in den wachsenden Ballungsräumen Mitteleuropas müssen andernorts neue Bodenflächen erschlossen und die Erträge auf noch vorhandenen Produktionsflächen durch agrartechnische Maßnahmen (z.B. Düngung) gesteigert werden.

Bereits heute steht fest, dass die Bevölkerung in unseren Ballungsgebieten von Fremdversorgung abhängig ist. Wenn die Bodeninanspruchnahmen weiter steigen, wird diese Abhängigkeit zunehmen.

Wie groß die Abhängigkeit schon heute ist und wie sie weiter wachsen wird, soll nachstehend verdeutlicht werden.

BEISPIEL: Nahrungsmittelproduktion – Versiegelte Flächen versus Parabraunerde

Es sind **Böden** wie die Parabraunerden, die wesentlich zu unserer Nahrungsmittelproduktion beitragen. Zudem gewinnt die Versorgung von regionalen Märkten im Bewusstsein der Gesellschaft zunehmend an Bedeutung. Tabelle 2 zeigt die Ernteerträge von 1 ha eines Fildern-Bodens für die drei flächenmäßig am stärksten angebauten Getreidearten.

Tab. 2: Anbauangaben zu den drei wichtigsten Feldfrüchten in der Landeshauptstadt Stuttgart 2007 (aus: STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG 2009)

Frucht	Hektar [ha]	Anteil am Ackerland [%]	Ertrag [t/ha]
Weizen	445	29	7,2
Sommergerste (Braugerste)	247	16	4,8
Mais	248 (davon 132 Körnermais)	16	9,5 (Körnermais)

Um diesen Wert zu verdeutlichen, lassen sich folgende Modellrechnungen anstellen:

- Der jährliche Weizenertrag von 8 t/ha auf den Parabraunerden der Fildern liefert das Brotmehl für rund 50 Menschen (BILLEN 2009).

- Unter Annahme einer Vollwertkost ohne Fleisch und Fisch und eines Durchschnittsbedarfs sind 2.383 m² Fläche zur Ernährung einer erwachsenen Person nötig (HÖPPL 1963). In der Stadt Stuttgart leben rund 600.000 Einwohner. Die Stadt verfügt über rund 101.180.000 m² (inklusive aller Schutzgebiete) noch nicht als Siedlungsfläche erfasste Böden (BOKS 2006).

  Unter oben genannter Annahme könnte von dieser Fläche nur etwa jeder vierzehnte Bürger Stuttgarts ausreichend ernährt werden:

Einwohner = verfügbare Fläche in Stuttgart in m² / benötigte Fläche in m² pro Einwohner

42.500 Einwohner = 101.180.000 m² / 2.383 m² pro Einwohner

In Jahren, in denen sich die Niederschläge gut über den Sommer verteilen und die Beschaffung von Kunstdünger und Pflanzenbehandlungsmitteln monetär und logistisch kein Problem bereitet, können auch auf weniger guten Böden in Deutschland recht gute Ernteerträge eingefahren werden.

Der Einsatz von Pflanzenhilfsstoffen ist aber bei guten Böden selbst unter ungünstigen Bedingungen, wie z.B. unter lange anhaltenden Niederschlagsphasen, in der Regel deutlich geringer oder auch ganz entbehrlich.

Fazit

Die Versiegelung von 1 ha sehr guten Bodens führt zu Verlusten an Produktionsflächen und damit zu Ausfällen bei der Nahrungsmittelproduktion. Dieser Verlust muss anders oder andernorts wieder ausgeglichen werden. Da Böden nicht vermehrbar und auch nur sehr schwer wiederherzustellen sind, ergeben sich daraus folgende Konsequenzen:

- Naturnahe Flächen, die andernorts noch existieren, wie z.B. Regenwälder oder Moore, müssen in Ackerland umgewandelt werden.

- Die landwirtschaftliche Nutzung auf den vorhandenen Bodenressourcen muss weiter intensiviert werden. Dies bedeutet einen höheren Düngemittel- und Pflanzenbehandlungsmitteleinsatz und verursacht Probleme bei der Trinkwassergewinnung, Bodenerosion und Bodenverdichtung. Gleichzeitig steigt das Risiko eines Schädlingsbefalls von Boden und Pflanze. Dies wiederum bewirkt einen zunehmenden Einsatz von Insektiziden.

- Die europäischen Ballungsräume sind stärker auf Nahrungsmittel angewiesen, die in außereuropäischen Ländern produziert werden und dort zur Ernährung der Bevölkerung benötigt werden.

- Die Abhängigkeit von Nahrungsmittelimporten steigt.

- Es ist mehr Energie erforderlich, um die benötigten Nahrungsmittel zu produzieren und anzuliefern.

- Die Konflikte um Ackerland und die Abhängigkeiten von globalen Spekulanten steigen. In der Folge können starke Verteuerungen bis hin zu politischen Auseinandersetzungen auftreten.

3.4 Boden als Staubsenke

Das Stuttgarter Stadtgebiet wird pro Jahr mit rund 5.700 t Staubniederschlägen befrachtet (im Mittel 273 kg ha^{-1} a^{-2}, Stand 2002, STADT STUTTGART 2010). Die Stäube werden unterteilt in Grob- und Feinstäube (PM_{10} = Partikel < 10 µm). In der Regel gilt: Je feiner die Stäube desto höher ist die Konzentration an Schadstoffen und desto länger verbleiben die Partikel in der Luft. Die Stäube stammen aus den unterschiedlichsten natürlichen (z.B. Vulkane, Saharastürme, Waldbrände) und technischen Quellen (z.B. Öl- oder Kohleverbrennung, Eisen- und Stahlproduktion). In urbanen Gebieten

sind auch technische Quellen wie Reifen- und Straßenabrieb oder Baustellentätigkeiten von Bedeutung für die Staubentstehung.

Gewichtsmäßig ist nur ein kleiner Teil der gesamten Staubniederschläge den sogenannten Feinstäuben zuzuordnen. Die Feinstäube verursachen bei zu hohen Konzentrationen Atemwegserkrankungen. Die zulässige Feinstaubkonzentration ist daher seit dem Jahr 2005 gesetzlich geregelt. Alle Versuche, die Feinstaubquellen in den Städten deutlich zu reduzieren, waren bisher aber wenig erfolgreich.

Daher sind die Böden als Staubsenke außerordentlich wichtig.

Abbildung 4: Station zur Messung von Luftschadstoffen und Schwebstäuben (Quelle: © STADT STUTTGART 2010)

Staub lagert sich trocken ab oder wird mit den Niederschlägen aus der Atmosphäre ausgewaschen. Insgesamt gilt: Je feiner die Staubpartikel, desto eher werden sie nur nass deponiert. Zwar hat die Vegetation einen großen Einfluss auf die Höhe der Staubablagerungen, jedoch fungiert erst der Boden als die eigentliche Staubsenke.

In Wäldern wird etwa 2- bis 3-mal so viel Staub im Boden deponiert wie im Freiland (MAYER 1990). Von der Vegetation herausgefilterter Staub kann aber in Teilen von den Pflanzen wieder abgeweht werden und wird dadurch erneut in die Luft freigesetzt (MCPHERSON et al. 1994). Die restlichen Stäu-

be werden von der Vegetation abgewaschen und gelangen mit dem Niederschlagswasser oder an Laub anhaftend auf den Boden.

Dort werden die Staubpartikel an Zersetzungsprodukte angelagert, in den Boden eingespült oder/und durch Bodenorganismen eingemischt und letztendlich an die Bodenpartikel gebunden. Erst dadurch werden die Stäube dann dem Staubkreislauf dauerhaft entzogen.

Im Fall von unsachgemäßer Bodennutzung können Böden natürlich auch als Staubquellen fungieren. Jedoch sind auch nicht bewachsene Bodenoberflächen oft noch feucht und binden Stäube, wenn die benachbarten versiegelten Flächen schon lange wieder abgetrocknet sind.

Sofern Böden versiegelt werden,

- bleiben größere Anteile gerade feiner, gesundheitsgefährdender Stäube in der Schwebe, da keine Auskämmeffekte durch die Vegetation stattfinden;

- werden am Staub haftende Schadstoffe nicht im Boden gebunden und damit der Atmosphäre langfristig entzogen;

- erfolgt bei trockenem Wetter eine zunehmende Aufwirbelung der Stäube von den schnell abtrocknenden Verkehrsflächen (das geschieht vor allem durch das Befahren, z.T. aber auch durch Wind);

- kommt es durch Befahren auf den versiegelten Flächen zum Zermahlen größerer Partikel, so dass zusätzlich feiner, gesundheitsgefährdender Staub entsteht;

- wird bei nassem Wetter ein Teil des abgelagerten Staubs in die Kanalisation gespült. Diese Staubanteile erhöhen die anfallende Klärschlamm-Menge und müssen entsorgt werden. Eine Tonne Klärschlammentsorgung durch Monoverbrennung, wie sie in Stuttgart überwiegend stattfindet, kostet 80 bis 120 € (EG/LV, FACHTAGUNG KLÄRSCHLAMM 2006).

Fazit

Eine weitere Bodeninanspruchnahme durch neue Siedlungs- und Verkehrsflächen auf leistungsfähigen Böden reduziert die Flächenanteile in der Stadt, auf denen Stäube durch ihre Einbindung im Boden dauerhaft aus der Atmosphäre entfernt werden. Während trockener Witterungsbedingungen ist es nur das System Boden/Pflanze, das die Feinstaubgehalte effektiv vermindern kann. Wird diese Senke reduziert, hat dies negative Auswirkungen auf die Luftqualität.

3.5 Boden als Reaktor zum Abbau organischer Substanzen

Böden sind wichtige Reaktoren für die Umsetzung und den Abbau organischer Materialien. Die organische Abbauleistung in 1 ha naturnahen Bodens ist enorm. So bauen z.B. die Bodenorganismen in mitteleuropäischen Wäldern jährlich bis zu 7 t Streu aus Laub und anderem organischen Material ab (BMU 2002).

Abbildung 5: Waldboden (Quelle: HÖKE 2010)

Die organische Substanz ist die Nahrungs- und Energiequelle für die Pflanzen sowie für im Boden lebende Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Algen und Einzeller) und größere Bodentiere (z.B. Asseln, Milben, Regenwürmer).

Im Zuge einer Versiegelung entfallen viele wichtigen Leistungen dieser Organismen:

- Würmer, Asseln, Milben, Springschwänze und Insektenlarven zerkleinern das Laub oder Stroh und vermischen und lockern den Boden.

- Bakterien, Pilze und Bodentiere zersetzen die organischen Stoffe und bilden daraus neue Substanzen wie pflanzenverfügbare Nährstoffe, Humus, Kohlendioxid und Wasser.

Neben der Streu bauen die Mikroorganismen des Bodens auch organische Schadstoffe ab, wie z.B. Mineralöle und Pflanzenschutzmittel.

Der Boden ist somit ein großer Reaktor. Daher können dem Boden in begrenztem Umfang und bei entsprechender Eignung auch organische Reststoffe wieder zugeführt werden.

In Stuttgart fallen derzeit große Mengen organischer Abfall-/Reststoffe an. Diese werden zum Teil durch Behandlung wie zum Beispiel Kompostierung wieder zu Wertstoffen. Dazu gehören schadstoffgeprüfte Komposte aus dem organischen Hausmüll der Biotonne (14.000 t im Jahr 2007, STADT STUTTGART 2010), Klärschlämme und zunehmend Gärrückstände aus den Biogasanlagen. In Zukunft ist sogar noch ein Anstieg dieser Mengen zu erwarten, wenn der Trend zur Nutzung erneuerbarer Energie aus Biomasse anhält und somit verstärkt Gärrückstände anfallen werden.

Böden mit einem gesunden Bodenleben und einer hohen Speicherfähigkeit für Wasser und Nährstoffe und somit hohen Pflanzenerträgen und Nährstoffentzügen, wie z.B. die Parabraunerde der Fildern, weisen besonders günstige Bedingungen für die Kreislaufwirtschaft organischer Wertstoffe auf. Bei ihnen ist auch die Gefahr, dass die mit der organischen Substanz aufgebrachten Nährstoffe (z.B. Nitrat) bei ungünstigen Witterungsbedingungen unerwünscht ins Grund- oder Oberflächenwasser gelangen, viel geringer als z.B. bei sandigen Böden.

Eine Versiegelung von weiteren für die organische Kreislaufwirtschaft gut geeigneten Böden würde in Stuttgart dazu führen, das Engpässe für die Verwertung organischer Materialien auftreten.

Stehen nicht mehr ausreichend Bodenflächen zur biologischen Reststoffbeseitigung/-verwertung zur Verfügung, scheitert langfristig die diesbezügliche Kreislaufwirtschaft mit der Konsequenz, dass technische Verwertungsanlagen und Reststoffdeponien gebaut werden müssen.

Fazit

Böden sind wichtige Reaktoren zum Abbau organischer Substanzen. Durch eine Bodenversiegelung können viele Bodenorganismen ihre wichtigen Leistungen nicht mehr erfüllen. In der Folge verliert der Boden sein Selbstreinigungsvermögen und seine Fähigkeit, Nährstoffe erneut für Pflanzen verfügbar zu machen.

Die weitere Reduzierung der landwirtschaftlichen Nutzfläche durch Neuversiegelung hochwertiger Böden verschärft auch die bereits bestehenden Probleme ausreichender Flächendeputate für die organische Wertstoffkreislaufwirtschaft. Stehen nicht mehr ausreichend Bodenflächen zur biologischen Reststoffbeseitigung/-verwertung zur Verfügung, scheitert langfristig die diesbezügliche Kreislaufwirtschaft und ein hoher Entsorgungsaufwand ist die Folge.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Ein wichtiges Ziel des Projekts „Bodenmanagement-Strategie für städtische Räume“ (URBAN SMS) ist es, das Schutzgut Boden stärker in das Bewusstsein zu rücken, hauptsächlich in das Bewusstsein von verantwortlichen Entscheidungsträgern, die nicht zwingend über vertiefte Fachkenntnisse verfügen. Gerade an diesen maßgeblichen Stellen ist das Wissen, welche Konsequenzen mit der Bodeninanspruchnahme verbunden sind, bislang noch unterentwickelt. Insofern ist beabsichtigt, die Entscheidungsträger in der Politik und die Verantwortlichen in der Stadtplanung für die negativen Folgen der Bodeninanspruchnahme gezielt zu sensibilisieren.

Dieses Bewusstsein ist die Voraussetzung dafür, dass eine Akzeptanz von Strategien und Maßnahmen zum Bodenschutz entwickelt werden kann. In diesem Zusammenhang müssen die Negativwirkungen der Bodeninanspruchnahmen erkannt und sachgerechter als bisher in den Planungs- und Abwägungsprozessen berücksichtigt werden.

Insgesamt fünf ausgewählte Beispiele verdeutlichen hier die Folgeerscheinungen der Neuinanspruchnahme von guten Böden als Bauland. Damit soll klarer werden, welche Rolle eine Inanspruchnahme guter Böden für die Verhinderung von Hochwässern und für die Regeneration der Grund- bzw. Trinkwasservorräte besitzt. Hinzu kommt die Bedeutung der Kühlungsleistung der Böden als ausgleichender Klimafaktor und als Senke für partikuläre Luftschadstoffe (z.B. Stäube), die erst durch ihren Einbau in den Boden dauerhaft der Atmosphäre entzogen werden. Es sind die guten Böden, die wesentlich zu unserer Nahrungsmittelproduktion beitragen und die zunehmende Nachfrage nach frischen und nachhaltig produzierten Nahrungsmitteln von regionalen Märkten decken können. Auch wird deutlich, welchen beachtlichen Beitrag die Böden im Umfeld der Siedlungsgebiete als Reaktoren beim Abbau organischer Substanzen leisten, die nicht zuletzt aus Überschussmassen der urbanen Räume stammen.

Die Beanspruchung von Böden, besonders von guten Böden als Bauland ist somit immer mit beachtlichen Einschnitten in für die Menschen wichtige Umweltkreisläufe verbunden. Deren Folgen müssen von der Gesellschaft entweder technisch beherrscht oder als Begleiterscheinungen akzeptiert werden. Besonders Letzteres ist vor allem dort nicht zu erwarten, wo Schäden an öffentlichem oder privatem Eigentum auftreten (z.B. Hochwässer), allgemeine Ver- oder Entsorgungsengpässe verursacht werden oder Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit unvermeidlich sind.

Erst im Zusammenhang mit dem Wissen um die Wirkungsanteile der Böden an den Umweltkreisläufen wird auch für Nichtfachleute kalkulierbarer, welche Folgen bei Entscheidungen für eine Bodeninanspruchnahme in Kauf genommen und damit auch verantwortet werden müssen.

5 LITERATUR UND QUELLEN

5.1 Literatur

BauGB (2006): Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 21. Dezember 2006 (BGBl. I S. 3316).

BAUMGARTEN, A. & H.J. LIEBSCHER (1996): Lehrbuch der Hydrologie, Berlin.

BBodSchG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt durch Art. 3 des Gesetzes vom 9. Dez. 2004 (BGBl. I S. 3214) geändert.

BILLEN, N. (2009): Starke Typen mit sensiblem Charakter: Die Filderböden. Natur- und Umweltschutz Filderstadt. Spezialthema Boden. Hrsg. Umweltschutzreferat und Umweltbeirat der Stadt Filderstadt.

BLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft [Hrsg.] (2001): Benchmarking in der Siedlungswasserwirtschaft. Erfassung und Vergleich von technischen und wirtschaftlichen Kennzahlen in der Siedlungswasserwirtschaft. Endbericht. Wien.

BNatSchG (2006): Bundesnaturschutzgesetz vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Art. 8 des Gesetzes vom 9. Dezember 2006 (BGBI: I S. 2833).

BMU (2002): Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). Ohne Boden – bodenlos. Eine Denkschrift zum Boden-Bewusstsein.

BOKS (2006): Bodenschutzkonzept Stuttgart. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz, H. 4, Stuttgart.

DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. DWA Merkblatt M504. Hennef.

INGENIEURBÜRO LOHMEYER GMBH & CO KG (2005): AUSWERTUNG DER MESsungen des Blues während der Abspülmassnahme im Bereich der Messstation Neuenlander Strasse in Bremen. Gutachten für den Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen.

JEFFERY, S.; GARDI, C.; JONES, A.; MONTANARELLA, L.; MARMO, L.; MIKO, L.; RITZ, K.; PERES, G.; RÖMBKE, J. & VAN DER PUTTEN (HRSG.) (2010): European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

GEIGER W.F. & H. DREISEITL (2000): Neue Wege für das Regenwasser. Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. 2. Auflage. Oldenbourg, München 2000.

HARLAß, R. (2008): Verdunstung in bebauten Gebieten. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden.

HÖPPL, K.A. (1963): Der Vegetarier, Heft 11: 13-15.

KOWARIK, I. (2006): Ökologische Funktionen städtischer Räume. In: Schriftenreihe Deutscher Rat für Landschaftspflege (Hrsg.): Freiraumqualitäten in der zukünftigen Stadtentwicklung. Heft 78: 61-65, 2006.

LANGE, G. & K. Lechner (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege. 3. Auflage Parey, Hamburg und Berlin.

LAWA – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (1998): Leitlinien zur Durchführung von dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, Arbeitskreis Kosten-Nutzen-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft.

LEL & LfL – Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume & Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft [Hrsg.] (2008): Getreide. In: Jahresheft Agrarmärkte 2008: 26-44.

SCHRÖDTER (1985) H. Schrödter: Verdunstung. Anwendungsorientierte Meßverfahren und Bestimmungs-methoden. Hochschultext. —186 S. Berlin/New York: Springer-Verlag 1985. ISBN 3-540 (Berlin) 0-387 (New York).

STÄDTEBAULICHE KLIMAFIBEL (2008), hg. vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg & Amt für Umweltschutz Stadt Stuttgart.

UFRECHT, W. & HARLACHER, C. (1998): Hydrogeologisches System-Modell Stuttgart (Feuerbacher Tal, Stuttgarter Talkessel, Neckartal). – Unveröff. Gutachten Amt für Umweltschutz, 70 S.; Stuttgart

WALTER, T; WINZIG, G.; BÄDJER, N. & TÜSELMANN, J. (1999): Bewirtschaftung von Niederschlagswasser. Versickerung in Stadtgebieten. Teil 1: Erkundung und Bewertung von Boden und Untergrund. Landesamt für Umwelt Saarland (Hrsg.) Saarbrücken.

WASSMANN, H.; SIEKER, H. & JANNOTTA, M. (1997): Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen für eine gewässer- und landschaftsverträgliche städtebauliche Entwicklung auf dem Barnim im Nordosten Berlins. Gutachten im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin.

5.2 Internetquellen

SIEKER – Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (2009): http://www.sieker.de/MKat/rw_bewirt_retention_rrb.htm (13.10.09).

STADT LEIPZIG (2010): Amt für Umweltschutz. Abwägungsprotokoll zum Entwurf des Luftreinhaltungsplanes vom 30. Juni.2009 http://www.leipzig.de/imperia/md/content/36_amt_fuer_umweltschutz/lrp2009_abwaegungs-und-pruefprotokoll.pdf

STADT STUTTGART (2010): http://www.stadtklima-stuttgart.de

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG (2009): http://www.statistik-wuerttemberg.de

URBAN SMS Soil Management Strategy

This paper belongs to the following section of URBAN SMS work plan:
WP6 Acceptance and awareness / 6.2 protection scenario modelling /
6.2.3 Environmental impact indicators for different soil protection scenarios

www.urban-sms.eu

Contact details of project partner commissioning / responsible for this paper:

Prof. Dr. Gerd Wolff, Technischer Grundwasser- und Bodenschutz, Altlasten, Gaisburgstraße 4, D-70182 Stuttgart, u360361@stuttgart.de

This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF.

The paper in hand reflects the author‘s views and the Managing Authority of the INTERREG IV B CENTRAL Programme is not liable for any use that may be made of the information contained therein.