



Dem Wasser freien Lauf lassen – mit eigenen Versuchen und Satellitendaten auf den Spuren der gesplitteten Abwassergebühr

StD Rüdiger Engelhardt, Otto-Hahn-Gymnasium Karlsruhe

Am Anfang stand ein Wettbewerb

Schuljahr 2005/06. Das Schulverwaltungsamt Karlsruhe, das Fernstudienzentrum der Universität Karlsruhe und das Stadtmedienzentrum Karlsruhe am Landesmedienzentrum Baden-Württemberg schreiben gemeinsam mit der Firma Pfizer einen Projektwettbewerb zum innovativen Einsatz von Laptops aus: 300 Laptops aus dem Bestand der Firma Pfizer stehen zur Verfügung, um ausgewählten Schulen, die von einer Jury für die interessantesten Projektanträge ermittelt werden, gestiftet werden zu können. Das Otto-Hahn-Gymnasium Karlsruhe (OHG) bewirbt sich mit einem für das aktuelle Schuljahr 2006/07 geplanten und derzeit in Umsetzung befindlichen Unterrichtsprojekt im Fach NwT und erhält den Zuschlag. Die Zielsetzung ist gewagt und hochaktuell – sollen die Schüler doch mit Handwerkszeug und HiTech der vom Menschen verursachten Oberflächenversiegelung im besiedelten Raum auf den Grund gehen, die maßgeblich verantwortlich für die häufig wiederkehrenden Hochwasser und ihre Folgen sind.



Hochwasser



Das Projektteam Klasse 10b des Otto-Hahn-Gymnasiums

Zum Hintergrund

Die monatlichen Niederschlagsmengen in Karlsruhe liegen im langjährigen Mittel von Januar bis April bei nahezu konstanten 52- 53 mm. Von Mai bis Juli steigen die Werte auf 86 mm Niederschlag, um zum Jahresende hin wieder abzusinken. Anschaulich ausgedrückt heißt das, dass in den Frühsommer- und Sommermonaten durchschnittlich auf die Fläche eines Grundstücks von 300 m² pro Tag eine Wassermenge von 500-800 Liter Wasser fallen, die natürlich irgendwie abfließen müssen. Bei unversiegelten Flächen kann ein Großteil dieser Niederschlagsmenge versickern und so zur Grundwasserneubildung beitragen. Das hohe Verdunstungspotential einer unversiegelten Fläche wirkt sich ausgleichend auf das Mikroklima aus, Bäche und Vorfluten werden nur gering belastet. Im Gegensatz dazu führen versiegelte Flächen zum Absinken des Grundwasserspiegels, zu einer hohen und v. a. kostenintensiven Belastung von Kanalisati-

on und Kläranlagen und letztendlich zur Steigerung der Hochwassergefahr. Natürlich ist die Niederschlagsmenge in den Sommermonaten nicht konstant und so kommt es bei Starkniederschlagsereignissen leicht zu Niederschlagsmengen von mehr als 20 Litern je m² in wenigen Minuten. Die dramatischen Folgen eines hohen Versiegelungsgrades lassen sich in regelmäßigen Abständen immer wieder beobachten.



Informationsbroschüre der Stadt Karlsruhe

Wie reagieren die Gemeinden?

Die Bürger werden an den Kosten, die durch Belastung der Kanalisation und Kläranlagen bestehen, über die Abwassergebühren beteiligt. Bisher wurde dabei nur der Frischwasserbezug in Betracht gezogen unter der Annahme, dass die Abwassermenge in der

gleichen Größenordnung liegt. Bei dieser Gebührenerhebung bleibt jedoch unberücksichtigt, wie viel Niederschlagswasser auf einem Grundstück versickert und wie viel in die Kanalisation abgeleitet wird.

Eine neue Gebührenordnung – gesplittete Abwassergebühr – die 2008 in Kraft treten soll, hat das Ziel, eine gerechte Verteilung der Kosten für die Abwasserbeseitigung entsprechend der tatsächlichen Inanspruchnahme zu erreichen. Dabei soll jeder Grundstückseigentümer möglichst genau nur die Leistungen bezahlen, die er auch in Anspruch nimmt. Neben der Abwassergebühr wird nun eine Niederschlagsgebühr für die Regenwassermenge erhoben, die von einem Grundstück in die Kanalisation geleitet wird. Diese Niederschlagsgebühr berechnet sich zukünftig auf der Grundlage der versiegelten Flächen eines Grundstücks, die an die Kanalisation angeschlossen sind, in Euro/m² und Jahr.

Die gesplittete Gebühr fördert zudem die ökologisch gewünschte Entsiegelung der Flächen. Dadurch sollte unbedenkliches Niederschlagswasser möglichst ortsnah dem natürlichen Wasserkreis-

lauf zugeführt werden. Bei neuen Bauvorhaben sollen Anreize geschaffen werden, Grundstücke möglichst wenig zu versiegeln und die Versiegelung bestehender Grundstücke rückgängig zu machen. – In Karlsruhe werden Grundstücke mit mehr als 1.000 m² abflusswirksamer Fläche nach der gesplitteten Abwassergebühr veranschlagt. Für kleinere Grundstücke kann die Veranschlagung nach der neuen Gebühr freiwillig beantragt werden.

Das Projekt – wir gehen der Sache auf den Grund

Die Schülerinnen und Schüler der Klasse 10b des OHG wollen es genau wissen – im Rahmen des NwT-Unterrichts sind rasch die entscheidenden Fragen gefunden:

- Wie wird die gesplittete Abwassergebühr eigentlich berechnet?
- Wie versickert Wasser überhaupt?
- Wie unterscheiden sich bestimmte Oberflächenbeläge in ihrem Versickerungsverhalten?
- Wie kann man generell bei einer so großen Stadt wie Karlsruhe die ganzen versiegelten Flächen erfassen?
- Können wir mit unseren Ergebnissen für unsere Schule die neue Abwassergebühr exemplarisch berechnen?

Dreh- und Angelpunkt ist das Verfahren, mit dem die gesplittete Abwassergebühr berechnet wird. Dazu wird je Grundstück die „wirksame versiegelte Fläche“ berechnet. Ein Beispiel verdeutlicht das Vorgehen: Ein Grundstück mit 1.000 m² Fläche besitzt eine mit Rasengittersteinen gepflasterte Einfahrt von 100 m² (Faktor 0,5), das Hausdach überdeckt eine Fläche von 200 m², die Garage von 50 m² (je Faktor 1,0). Damit wird für das Grundstück eine „wirksame versiegelte Fläche“ von $100 \text{ m}^2 \times 0,5 + 200 \text{ m}^2 + 50 \text{ m}^2 = 300 \text{ m}^2$ errechnet, für die nun Niederschlagsgebühren anfallen. Je nach Oberflächenbelag ergibt sich ein bestimmter, von der Stadt festgelegter Faktor. Diese Faktoren reichen von 1,0 für vollversiegelte Flächen wie Asphalt/Beton/Dachziegel bis zu 0,0 für unversiegelte Flächen wie Rasenflächen.

Untersuchungen vor Ort – wie kommt man an die Faktoren?

Die Klasse einigt sich auf ein Vorgehen in Gruppen zu je drei bis vier Schülerinnen und Schülern. Dabei

untersucht jede Gruppe nach einem zuvor vereinbarten Verfahren einen bestimmten Oberflächenbelag, der typischerweise auf Grundstücken zu finden ist (Pflasterstein/Rasengitterstein, Grünfläche, Schotterrasen).

Dazu werden Messkästen mit der Fläche von 0,25 m² konstruiert. Die Schülerinnen und Schüler befüllen sie zuerst mit einer 10 cm starken Schicht Schotter. Dieser wird befestigt und mit ca. 2-3 cm ebenfalls befestigtem Sand belegt. Darauf werden die zu testenden Oberflächenbeläge aufgebracht.

Die Messungen erfolgen mit selbst gebauten Regensimulatoren, die auf ein Starkniederschlagsereignis hin kalibriert wurden. Der Regensimulator wird über den Messkasten gehalten oder mit einer geschickten Konstruktion befestigt. Nachfolgend wird die Fläche für eine definierte Zeit beregnet. Die Schülerinnen und Schüler achten darauf, dass die Probefläche sehr gleichmäßig „beregnet“ wird, um ein möglichst genaues Ergebnis zu erhalten. Während des Versuchs wird die Menge des Wassers gemessen, das oberflächlich abfließt und die Menge an Wasser, welche die Untergrundsicht wieder verlässt (Drainage). Aus diesen beiden Größen lässt sich die Infiltrationsmenge (im Boden aufgenommene Menge) zu mehreren Zeitabschnitten nach der Gleichung Niederschlagsmenge = Oberflächenabfluss + Infiltration + Drainage berechnen. Nachdem die Größen Niederschlagsmenge, Oberflächenabfluß und Drainage erfasst sind, kann berechnet werden, mit welchem Faktor die Fläche in der Abwassergebühr eingeht. Dazu wird der prozentuale Anteil des oberflächlich abgelaufenen Wassers bestimmt. Dieser Faktor wird dann mit der jeweiligen Fläche multipliziert, um die „reduzierte versiegelte



Beregung

Fläche“ zu erhalten, für die eine Niederschlagswassergebühr erhoben wird (Beispiel: Oberflächenabfluss von 30% und die Fläche beträgt 100m². Die 30% entsprechen dem Faktor 0,3. Der Faktor 0,3 wird mit der Fläche 100 m² multipliziert und ergibt somit 30 m² „reduzierter versiegelter Fläche“). Die Ergebnisse werden im Projektbericht dokumentiert und in Diagrammen ausgewertet.

Bestimmung der versiegelten Flächen im Stadtgebiet – ein Satellit sieht mehr als wir vermuten würden

In Karlsruhe existieren etwa 3.500 Grundstücke mit einer wirksamen versiegelten Fläche von mehr als 1.000 m², das heißt, auf den Grundstücken sind mehr als 1.000 m² unterschiedlich versiegelter Flächen an die Kanalisation angeschlossen. Die Problematik, für jedes dieser Grundstücke die gesplittete Abwassergebühr zu erheben, ergibt sich aus dem Umfang der Aufgabe. Eine Möglichkeit der Bestimmung der „reduzierten versiegelten Flächen“ je Grundstück besteht in der Untersuchung mittels Ortsbegehung und Vermessung der entsprechenden Flächen. Dass ein solches Verfahren unpraktikabel ist, liegt auf der Hand. Genauso wie die Stadt Karlsruhe stand also auch die Projektgruppe vor dem Problem, eine Klassifizierung der Oberflächeneigenschaften auf Grundlage von flächenhaft vorhandenen Daten zu bewerkstelligen. – Eine fortschrittlichere Methode besteht in der Auswertung von Ortho-Luftbildern, welche einen Blick aus der Vogelperspektive auf die Untersuchungsfläche liefern. Allerdings liefern Ortho-Luftbilder nur den für das menschliche Auge sichtbaren Informationsgehalt der Erdoberfläche, mit dem eine Identifizierung einzelner Oberflächenbeschaffenheiten nicht immer zweifelsfrei möglich ist. Weitere Informationen können über die Auswertung von Satellitendaten gewonnen werden, da Satelliten außer dem für den Menschen sichtbaren Bereich elektromagnetischer Wellen z. B. auch im infraroten Bereich Daten liefern.

Die Projektgruppe konnte für das Projekt auf Daten des Satelliten Quickbird aus dem Jahr 2005 zurückgreifen, welche vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe (TH) zur Verfügung gestellt wurden. Die optische Auflösung der Quickbird-Daten liegt im Bereich von 2,4 m je Bildpunkt, durch ein kombiniertes Rechenverfahren kann diese aber sogar auf 0,61 m je Bild-

punkt gesteigert werden. Bei dieser optischen Auflösung ist es durchaus möglich, z. B. ein Dachflächenfenster auf einem Hausdach vom Rest des Daches zu unterscheiden. Neben den Satellitendaten stellte die Stadt Karlsruhe hochauflösende Ortho-Luftbilder mit einer optischen Auflösung von 10 cm je Bildpunkt zur Verfügung.

Ausgestattet mit diesen Materialien begann die Arbeit am Laptop für die Schülerinnen und Schüler. Die Geräte wurden mit Software zur Verarbeitung von Satellitenbilddaten sowie OpenOffice installiert und den Schülern für die Arbeit zu Hause und in der Schule zur Verfügung gestellt, was ortsungebundene Recherchemöglichkeiten gewährleistete. Arbeitsteilig wurde von den Projektgruppen ein Bereich von ca. 16 km² des Stadtgebietes bearbeitet. Die Schülerinnen und Schüler standen während der Arbeitsphase im engen Kontakt mit ihrem Lehrer, sodass Zwischenergebnisse kontrolliert und nachbearbeitet werden konnten. Ziel war, im Untersuchungsgebiet eine flächendeckende Klassifizierung nach den für die gesplittete Abwassergebühr relevanten Oberflächenklassen zu erstellen (Standarddach/Dach mit Grünüberdeckung/Gründach/Asphalt). Die Schülerinnen und Schüler legten Trainingsgebiete für die Erstellung der spektralen Signaturen fest, und erstellten so zunächst

thematische Karten (Anm. 1) der Oberflächenklassen des Untersuchungsgebietes.

Die Klassifizierung liefert nicht immer eindeutige Ergebnisse – ein aus didaktischer Sicht sehr wünschenswerter Zustand. Gemeinsam wurden in der Projektgruppe Ursachen für die Abweichungen diskutiert und Lösungsansätze gesucht. Am Beispiel des Kongresszentrums soll dies verdeutlicht werden (siehe Bild nächste Seite).

Im Satellitenbild erkennbar ist das Dach der Schwarzwaldhalle, welches die Schülerinnen und Schüler als ein Flachdach identifizierten. Das Dach der Schwarzwaldhalle jedoch wird in der Klassifikation als Asphalt/Beton ausgewiesen. Für die Berechnung der gesplitteten Abwassergebühr wäre die scheinbare Fehlklassifizierung glücklicherweise ohne Bedeutung, da sowohl Flachdächer mit Bitumen/Kiesauflage wie auch asphaltierte Flächen als vollversiegelt mit Faktor 1,0 in die Berechnung eingehen. Eine Recherche bestätigte jedoch die Trefferquote des Satellitenbildes – das Dach der Schwarzwaldhalle ist tatsächlich ein Stahlbetondach mit Bitumenauflage – oberflächlich Asphalt. Anders bei der Betrachtung des gepflasterten Platzes vor dem Kongresszentrum. Zum Zeitpunkt der Aufnahme befanden sich dort Fahrzeuge, die



Trainingsgebiete

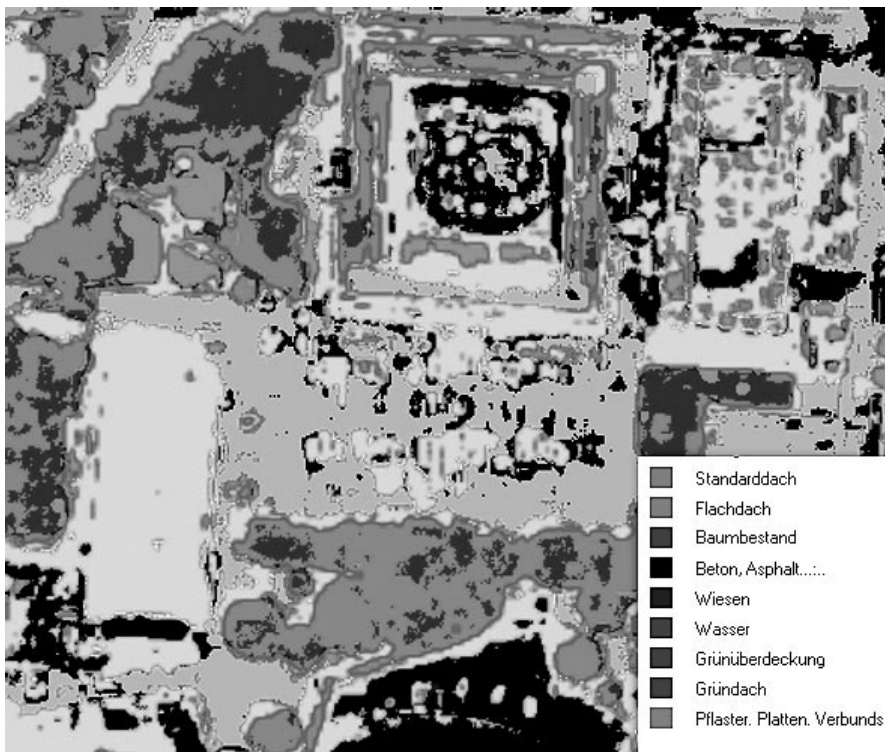


Beispiel Kongresszentrum

fälschlicherweise als Flachdach bzw. Asphalt identifiziert wurden. Hier musste eine Lösung gefunden werden, da gepflasterte Flächen in der gesplitteten Abwassergebühr andere Faktoren aufweisen als Flachdächer oder Asphalt. Die betreffende Gruppe entschied sich in diesem Einzelfall für die Nachbearbeitung der thematischen Karte mit einem Grafikprogramm.

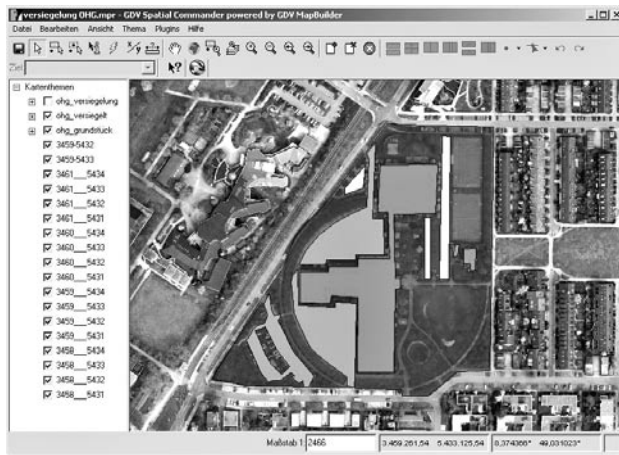
Auswertung der Klassifikationsdaten auf Grundstücksebene mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS)

Die eigentliche Arbeit der automatisierten Berechnung der gesplitteten Abwassergebühr für ein Grundstück erfolgt derzeit mit Hilfe eines GIS (Anm. 2), mit dem sich Geodaten verwalten und analysieren lassen. Dabei werden zunächst auf Grundlage des Automatisierten Liegenschaftskatasters (ALK) die Grundstücksumrisse ermittelt. In einem weiteren Schritt werden für jede Versiegelungsklasse die jeweiligen Flächen der thematischen Karte mit dem Grundstücksumriss überlagert und ihre Fläche berechnet. Durch Multiplikation mit dem jeweiligen Minderungsfaktor wird die reduzierte versiegelte Fläche ermittelt.



Klassifikation Kongresszentrum mit Legende

Für das Otto-Hahn-Gymnasium käme so eine reduzierte versiegelte Fläche von ca. 14.000 m² zusammen – also etwa 8.500 € pro Jahr an Niederschlagswassergebühr. Das Beispiel zeigt, dass große Grundstücke mit relativ hohem Versiegelungsgrad



Screenshot GIS

und geringem Frischwasserverbrauch ab 2008 mit höheren Gebühren zu rechnen haben – Anreize zur Entsiegelung bestehen also.

Arbeit mit dem Laptop in der Schule und selbstständig auch zu Hause

Der Einsatz der gestifteten Laptops zur Durchführung des Unterrichtsprojektes führte zu neuen, gewinnbringenden Lernsituationen für alle Beteiligten. Über das Schulnetz konnten schnell und unkompliziert Daten auf die Schüler-Rechner gebracht

werden, mit denen die Schüler im Unterricht und zu Hause weiterarbeiten konnten. Bei der Einführung in die Arbeit mit den Geräten wurde großer Wert auf die eigenständige Installation und Pflege der Systeme durch die Schülerinnen und Schüler gelegt. Die Arbeitsphasen mit den Laptops wurden bewusst parallel zu den Messtätigkeiten an den Versuchsaufbauten gelegt, um einen Wechsel von Theorie und Praxis im Unterricht sowie der längerfristigen Hausarbeit – Klassifikation – zu realisieren. – Die Geräte dürfen auch nach dem Ende des Projekts für den schulischen Einsatz bei den Schülern zu Hause genutzt werden – gesteigerte Motivation und Selbstverantwortung für die Geräte gehen damit einher, wie die Äußerungen der Klasse zeigen:

„Das Arbeiten mit den Laptops hat allen Schülern ziemlich viel Spaß gemacht. Wir konnten selbstständig arbeiten und Aufgaben, die man in der Schule nicht fertig machen konnte, problemlos zu Hause fertig stellen, bearbeiten und an den Unterricht anknüpfen. Das ersparte viel Zeit und man wurde nicht aus dem Zusammenhang gerissen. Wir freuen uns darüber, dass die Lehrer so viel Vertrauen in uns haben.“

Anm. 1: Thematische Karten, auch angewandte Karten genannt, sind Karten die ein bestimmtes Thema verbildlichen, beispielsweise Bevölkerungsdichte, Wahlergebnisse, oder eben die Oberflächenbeschaffenheit einer Region.

Anm. 2: Ein Geographisches Informationssystem (GIS) ist ein rechnergestütztes Informationssystem (Hardware, Software, Daten, Anwendung). Mit einem GIS lassen sich raumbezogene Problemstellungen modellieren, digital erfassen, speichern und analysieren. Darüberhinaus können raumbezogene Daten mit einem GIS als Kartendarstellungen präsentiert werden.