

Emissionskataster Hausbrand für die Stadtgemeinde Klosterneuburg auf der Basis von Planquadraten

Erich WONKA & Thomas ANNEGG

Mag. Dr. Erich Wonka, STATISTIK AUSTRIA, Hintere Zollamtsstraße 2b, A-1030 Wien, e-mail: erich.wonka@statistik.gv.at;
DI Thomas Annegg, TechSET GmbH, Technische Beratung, Planung und Umsetzung, Mariahilfer Straße 205/6, A-1150 Wien,
e-mail: thomas.annegg@techset.at

1 EINLEITUNG

Es gibt wenige räumliche Untersuchungen wie die Erstellung eines Emissionskatasters für den Hausbrand, die auf eine derartige Vielzahl von statistischen Daten aufbauen und dabei gleichzeitig eine entsprechend kleinräumige Gebietsgliederung erfordern. Für die Emissionsberechnungen werden vor allem Gebäude und Wohnungsmerkmale aus der Häuser- und Wohnungszählung (HWZ) benötigt. Während die für die Berechnung notwendigen statistischen Daten im ausreichenden Maße vorhanden sind, ergeben sich bei der regionalen Gliederung dieser Daten Beschränkungen. Die kleinste regionale Gliederung, für die statistische Daten derzeit zur Verfügung stehen, ist der Statistische Zählsprengel. Die Aussagekraft dieser regionalen Ebene ist gering. Für viele räumliche Untersuchungen wäre eine Aufbereitung der statistischen Werte nach anderen kleinräumigen Gebietseinheiten wünschenswert. So wäre für die Gemeindeplanung ein Emissionskataster in Planquadratgrößen von 100m ideal. Eine solche Gebietsgliederung gibt ein sehr detailliertes Bild über die Luftbelastungssituation einer Gemeinde. Im Folgenden wird gezeigt, wie man einen Emissionskataster auf der Grundlage von kleinmaschigen Planquadraten erstellen kann, wenn man bei der Emissionsberechnung auf anonymisierte nicht aggregierte Wohnungsdaten zurückzugreift. Der Arbeitsvorgang wird wesentlich erleichtert, wenn, wie bei diesem Pilotprojekt, die statistischen Daten mit den Koordinaten der Gebäudeadressen im GIS gespeichert sind.

2 ZIEL DES EMISSIONSKATASTERS

Dargestellt werden die durch den Hausbrand verursachten Emissionen CO₂, CO, SO₂, NO_x, C_xH_y und Staub, in einem 100m x 100m Raster. Ziel dieses kleinräumigen Emissionskatasters ist es, für eine zukünftige Planung der Energieversorgung in der Stadtgemeinde, eine fundierte Basis zu legen. So geht es neben den klassischen Luftschadstoffen auch darum, die CO₂-Problematik zu betrachten, um zu nachfolgenden Punkten Stellung nehmen zu können:

- Darstellung der derzeitigen Emissionssituation in der Gemeinde
- Bildung von Entscheidungsgrundlagen für Energieversorgungsprojekte in der Gemeinde
- Hilfestellung für Entscheidungsträger im Bereich umweltverträglicher Energieplanung
- Basis für die Analyse geänderter Energieverbrauchsstrukturen
- Planungsgrundlage für den sinnvollen Einsatz alternativer Energieträger

3 STATISTISCHE DATENGRUNDLAGE

Der Privathaushalt setzt zum Heizen der Wohnungen Brennstoffe ein. Nach Ablauf des Brennvorganges bleiben neben der erzeugten Energie Reststoffe in fester, flüssiger und vor allem gasförmiger Form zurück, die über Kamine als Emissionen in die Atmosphäre geleitet werden. Diese Emissionen sind von folgenden Faktoren abhängig:

- von der jeweils verwendeten Brennstoffart
- von der verbrauchten Brennstoffmenge
- vom Schadstoffgehalt in den Verbrennungsrückständen und
- von der Art der Abgasreinigungsanlagen.

Somit basiert das Erfassungsprinzip des Emissionskatasters primär auf Brennstoffhebungen der diversen Verbrauchergruppen. Diese Brennstoffmengen werden danach mit entsprechenden Emissionsfaktoren in Emissionen umgerechnet.

Die Datengrundlage für die Emissionsberechnungen waren:

- Häuser- und Wohnungszählung 1991
- Mikrozensus des Energieverbrauches der Haushalte
- Gradtagzahlen pro Gemeinde.

Den Brennstoffverbrauch der Haushalte zu ermitteln, ist nicht so leicht. Dieser ist u.a. abhängig von der Wohnungsanzahl im Gebäude, dem Gebäudealter, der Heizungsart, dem Isolierungsgrad der Außenmauern und den persönlichen Heizungsgewohnheiten. Der Einfluß dieser Merkmale auf den Brennstoffverbrauch ist verschieden hoch (die Zahl der Wohnungen im Gebäude hat den größten Einfluß) und sie korrelieren zum Teil auch miteinander (z.B. in neueren Gebäuden sind eher Hauszentralheizungen).

In STATISTIK AUSTRIA wurde eine Sonderauswertung der Häuser- und Wohnungszählung für die Nutzfläche pro Wohnung aufgliedert nach Wohnsitzangabe, Wohnungsanzahl im Gebäude, Bauperiode des Gebäudes, Brennstoff zur Wohnungsbeheizung und überwiegende Heizungsart durchgeführt (siehe folgende Tabelle).

Um hier den Brennstoffverbrauch zu ermitteln, wurde nicht auf alle möglichen Merkmale (z.B. Bauweise der Außenmauer) und Merkmalsausprägungen (z.B. die genaue Wohnungsanzahl je Gebäude) aus der Häuser- und Wohnungszählung zurückgegriffen. Eine sehr detaillierte Auswertung der HWZ-Daten hätte nicht wesentlich mehr an Nutzen gebracht und den Rechenaufwand potenziert.

Nutzfläche der Wohnung:	in m ²
Wohnsitzangabe:	mit Hauptwohnsitzangabe
	mit Neben- oder ohne Wohnsitzangabe
Wohnungsanzahl im Gebäude:	1 oder 2 Wohnungen (incl. Bauernhof)
	3 bis 10 Wohnungen
	11 oder mehr Wohnungen (incl. Nichtwohngebäude)
Bauperiode des Gebäudes:	vor 1918
	1919 bis 1944
	1945 bis 1960
	1961 bis 1970
	1971 bis 1980
	1981 bis 1990
Brennstoff zur Wohnungsbeheizung:	Fernwärme, Blockheizung
	Holz, Hackschnitzel oder Sägespäne
	Kohle, Koks oder Briketts
	Elektrischer Strom
	Heizöl oder Ofenöl
	Stadtgas, Erdgas oder Flüssiggas
Überwiegende Heizungsart:	Fernheizung oder Blockheizung
	Hauszentralheizung
	Wohnungszentralheizung
	Einzelöfen, Gaskonvektoren oder Elektroheizung

Abb. 1: Merkmale aus der Häuser- und Wohnungszählung für die Hausbrandberechnung. Das Merkmal Wohnsitz ist deshalb notwendig, da Nebenwohnsitzwohnungen im Gegensatz zu Hauptwohnsitzwohnungen eine geringere Wohnnutzung und damit geringeren Brennstoffverbrauch haben. Nebenwohnsitzwohnungen werden üblicherweise durch Gewichtung mit dem Faktor 0,5 berücksichtigt. Wegen der besonderen Situation in Klosterneuburg, was die Nebenwohnsitzwohnungen betrifft, wurde hier eine andere Vorgangsweise gewählt. Alle Wohnungen, die im Grünland (incl. der Kleingartengebiete) liegen, wurden mit dem Faktor 0,2 berücksichtigt. Alle Wohnungen im Bauland wurden nicht gewichtet. Auch nicht die im Bauland liegenden Nebenwohnsitzwohnungen, da diese auf Grund der Wiennähe in den meisten Fällen kaum eine geringere Wohnnutzung aufweisen. Die Trennung von Wohnungen im Grünland von denjenigen im Bauland war deshalb möglich, da sowohl der digitale Flächenwidmungsplan als auch die Wohnungsmerkmale mit den Koordinaten der Gebäudeadressen im GIS von STATISTIK AUSTRIA gespeichert sind. So konnte man alle Gebäude mit dem im Flächenwidmungsplan ausgewiesenen Nutzungsarten "Bauland" und "Grünland" graphisch überlagern.

4 BERECHNUNGSVERFAHREN

Komplexe Berechnungen sind notwendig, um die Vielzahl derartiger statistischer Informationen zu verarbeiten und zu den Emissionen des Hausbrandes zu kommen. Die Berechnung orientiert sich an einer Studie „Methodik zur Bestimmung von Reduktionspotentialen klimawirksamer Spurengase für Gemeinden“ von Papousek et al. 1995.

Zur Berechnung der erforderlichen Nutzenergie wird der erforderliche Endenergieeinsatz nach der Bauperiode des Gebäudes (siehe Tab. 2), der Gebäudegröße (siehe Tab. 3) und nach dem Brennstoff sowie der Heizungsart (siehe Tab. 4) unterschieden.

Bauperiode des Gebäudes für "j"	FA _j
Vor 1918	2,0
1919 - 1944	2,3
1945 - 1960	2,5
1961 - 1970	1,8
1971 - 1980	1,3
1981 – 1990	1,2

Tab. 2: Benützungsfaktoren für die Bauperiode des Gebäudes

Wohnungsanzahl im Gebäude für „f“	FGf
1 oder 2 Wohnungen (incl. Bauernhof)	1,0
3 bis 10 Wohnungen	0,8
11 oder mehr Wohnungen (incl. Nichtwohngebäude)	0,6

Tabelle 3: Benützungsfaktoren für die Gebäudegröße

Brennstoffe	Heizungsart (b _{i,g})		
	Einzelöfen, Gaskonvektoren oder Elektroheizung	Wohnungs-Zentralheizung	Hauszentralheizung
Holz, Hackschnitzel, Sägespäne	0,512	0,556	0,610
Kohle, Koks oder Briketts	0,512	0,556	0,610
Heizöl	0,522	0,634	0,682
Stadtgas, Erdgas oder Flüssiggas	0,564	0,634	0,682
Elektrischer Strom	0,522	0,634	0,634

Tab. 4: Benützungsfaktor (b_{i,g}) für die Brennstoffe nach Heizungsart. Für die Ermittlung des Benützungsfaktors wurde für Klosterneuburg die Verteilung Einfamilienhaus : Mehrfamilienhaus mit 80 : 20 angenommen.

Den einzelnen Klassen sind Faktoren zugeteilt, die eine genaue Bewertung der einzelnen Wohnungen zulassen. Zum Beispiel beträgt der Faktor „Bauperiode des Gebäudes“ für ein Gebäude mit dem Entstehungszeitraum 1961 – 1970 gleich 1,8 bezugnehmend auf das „Normhaus“. Da die statistischen Daten über die Bauweise der Außenmauern nicht berücksichtigt wurden, wurde für den Faktor FGh ein Durchschnittswert mit 1,42 angenommen.

Der Jahresnutzungsgrad beschreibt den Wirkungsgrad der Umwandlung der Endenergie in Nutzenergie einer bestimmten Heizanlage unter den Bedingungen über ein Jahr. In nachfolgender Tabelle sind die Mittelwerte für die Jahresnutzungsgrade nach Energieträgern angeführt:

Endenergieträger	$\eta_i^{RW}(t)$
Kohle, Koks oder Briketts	0,63
Heizöl oder Ofenöl	0,75
Stadtgas, Erdgas oder Flüssiggas	0,70
Elektrischer Strom	0,88
Holz, Hackschnitzel oder Sägespäne	0,59

Tab. 5: Mittelwerte für die Jahresnutzungsgrade nach Energieträgern. $\eta_i^{RW}(t)$ = Jahresnutzungsgrad für Raumwärme nach Endenergieträgern „i“ im Jahre „t“.

Der Endenergiebedarf zur Raumbeheizung aller Wohnungen wurde anhand nachfolgender Formel berechnet:

$$EE(RW) = NFi,j,f,h(t) * [EKZ721 * FA_j * FGf * FMh * (HGTGem/3.500) * bi,g/\eta_iRW(t)]$$

EE (RW) [kWh/a] Endenergiebedarf zur Raumbeheizung

NFi,j,f,h (t) [m²/a] gesamte Wohnnutzfläche (m² im Jahr „t“) von Wohnungen in Bauperiode des Gebäudes „j“, Wohnungsanzahl im Gebäude „f“, Gebäudeaußenwandklassen „h“ und einer Beheizung mit dem Brennstoff „i“

EKZ721 Energiekennzahl, Normhaus 90 kWh/m²*a

FA_j Faktor für die entsprechende Bauperiode des Gebäudes „j“

FGf Faktor für die entsprechende Wohnungsanzahl im Gebäude „f“

FMh Faktor für die entsprechende Außenwandklasse „h“

HGTGem/3.500 Klimakorrektur, Heizgradtage der Gemeinde (HGTGem = 3416) durch die des Normhauses (HGTBezug = 3500)

bi,g Der Benützungsfaktor bi,g gibt das Verhältnis zwischen praktisch benötigter Nutzenergie und theoretisch berechnetem Nutzenergiebedarf an. Das Benützerverhalten (und somit der praktische Nutzenergiebedarf) variiert dabei je nach Heizungsart „i“ und Brennstoff „g“

$\eta_iRW(t)$ Jahresnutzungsgrad für Raumwärme nach Endenergieträgern „i“ im Jahre „t“ (nach Frey 1994)

Der somit ermittelte Endenergiebedarf zur Raumheizung auf Wohnungsebene wird nun im zweiten Schritt mit den durchschnittlichen Emissionsfaktoren (siehe Tab. 6), die im Wesentlichen von der Brennstoffart und von der Heizungsart abhängen, multipliziert.

Brennstoffe	Emissionen (in Kg/TJ) von Einzelöfen.					
	SO ₂	NO _x	C _x H _y	CO	Staub	CO ₂
Holz, Hackschnitzel oder Sägespäne	11	40	2.198	7100	30	0
Kohle, Koks oder Briketts	622	82	812	7.820	172	100.000
Heizöl, Ofenöl	45	19	2	150	0,5	78.000
Stadtgas, Erdgas od. Flüssiggas	0	51	1	31	0	55.000
Elektrischer Strom	0	0	1	0	0	52.500

Tab. 6: Emissionsfaktoren am Beispiel von Einzelöfen (aus dem Energiebericht 1996 der Österreichischen Bundesregierung).

Mit den ermittelten Endenergieverbräuchen und den durchschnittlichen Emissionsfaktoren können somit die Emissionen aus dem Hausbrand auf Wohnungsebene ermittelt werden.

Folgendes Beispiel soll die einzelnen Berechnungsschritte auf Wohnungsebene verdeutlichen:

Die Wohnnutzfläche einer Wohnung folgender Kategorie beträgt 160 m²:

- Bauperiode des Gebäudes vor 1919 ($FA_j = 2,0$)
- Wohnung in Wohngebäude mit 1 oder 2 Wohnungen ($FG_f = 1,0$)
- Bauweise der Außenmauern ($FG_h 1,42$)
- Heizungsart: Einzelofenheizung, Brennstoff: Öl ($b_{i,g} = 0,522$; $\eta_i^{RW}(t) = 0,75$)

Laut Handbuch für Energieberater hat Klosterneuburg eine Heizgradtagszahl von 3416.

$$EE (RW) = 160 * [1,0 * 2,0 * 1,42 * 90 * (3.416/3.500) * 0,522 / 0,75]$$

$$EE (RW) = 27.780,5 kWh/a = 27,78 MWh/a = 100,0 GJ/a$$

Der Endenergiebedarf zur Raumbeheizung einer Wohnung dieser Kategorie beträgt demnach 100,0 GJ/a.

Nun erfolgt der Berechnungsschritt der Emissionen:

Aus der Tabelle "Emissionen für Einzelöfen" ist der Emissionsfaktor für Öl mit 78.000 kg/TJ angeführt und damit ergibt sich für das Beispiel folgende jährliche Emission:

$$CO_2 / a = 100,0 GJ/a * 78.000 Kg/TJ / 1000 = 7.800 kg/a$$

Das Ergebnis dieser Emissionsberechnung für jede einzelne Wohnung wird dann der STATISTIK AUSTRIA auf einem File übermittelt (siehe Tab. 8), wo dann die entsprechenden Aufsummierungen durchgeführt werden.

5 GIS-AUSWERTUNG

Dadurch, dass für das gesamte Gemeindegebiet von Klosterneuburg die statistischen Daten mit den Koordinaten der Gebäudeadressen gespeichert sind, war es möglich, diesen Emissionskataster mit Hilfe des GIS in einem vertretbaren Arbeitsaufwand zu bewältigen. Zur Aggregation und Visualisierung der Emissionen wurde das GIS ArcView eingesetzt. Aus Datenschutzgründen wurden die Merkmale zu den Gebäuden und Wohnungen von STATISTIK AUSTRIA nur dann an externe Datenbankbenutzer weitergegeben, wenn in einem Planquadrat mindestens 4 Gebäude zu liegen kommen. Damit ist die Zuordnung der statistischen Daten zu den einzelnen Gebäuden oder Wohnungen nicht mehr möglich. Das bedeutet, dass ein Teil der GIS-Auswertungen in STATISTIK AUSTRIA gemacht werden mußte. Die einzelnen Arbeitsabläufe werden im Folgenden beschrieben.

Zunächst erhält der externe Datenbankbenutzer für jede Wohnung die für die Emissionsberechnung notwendigen HWZ-Merkmale auf einer Diskette (siehe Tab. 7). Da das Datenfile auf der Diskette keine Objektnummer, sondern nur eine Zufallsnummer aufweist, ist eine Identifizierung der Wohnung nicht mehr möglich. Der externe Datenbankbenutzer kann jetzt die Berechnung für jede einzelne Wohnung durchführen. Nachdem der externe Datenbankbenutzer dieses Datenfile um die Spalten mit den Ergebnissen seiner Emissionsberechnungen erweitert hat, schickt er diese an STATISTIK AUSTRIA zurück (siehe Tab. 7). In STATISTIK AUSTRIA werden dann die Zufallsnummern wieder mit den Objektnummern verknüpft, so dass eine Verknüpfung mit den Gebäudekoordinaten wieder möglich ist. Dies ist notwendig, da jetzt mit Hilfe des GIS die Wohnungsdaten auf die entsprechenden Gebäude und diese dann auf die Planquadrate aufsummiert werden. Planquadrate mit weniger als 4 Gebäuden werden aus Datenschutzgründen jetzt gelöscht. Diesen File (ist ein shape-File) bekommt dann der externe Datenbankbenutzer für die Erstellung des Emissionskatasters (siehe Tab. 9). Die Planquadrate orientieren sich am Gauss-Krüger-Koordinatensystem.

Shape	Zufalls-Nummer	Wohnfläche im m ²	Baujahr -1918	Baujahr 1919-44	Baujahr 1945-60
Point	1002	130	0	1	0	
Point	2023	60	0	1	0	
Point	9732	90	1	0	0	

Tab. 7: Diesen Datenfile bekommt der Externe von STATISTIK AUSTRIA. Mit Hilfe dieses Files führt der Externe die Emissionsberechnungen durch. Jede Zeile enthält die HWZ-Merkmale einer Wohnung.

Shape	Zufalls-Nummer	Wohnfläche im m ²	Baujahr -1918	Baujahr 1919-44	Baujahr 1945-60	CO	Staub
Point	1002	130	0	1	0		6	0
Point	2023	60	0	1	0		4	0
Point	9732	90	1	0	0		410	2

Tab. 8: Diesen Datenfile sendet der Externe an STATISTIK AUSTRIA. Jetzt erfolgt die Rückumschlüsselung von Zufalls-Nummern zu den Objektnummern. Damit ist sowohl der Adressbezug als auch die Verbindung zu den Gebäudekoordinaten wieder hergestellt. Nur dann, wenn die statistischen Daten mit den Gebäudekoordinaten verknüpft sind, können die Emissionsdaten auf die Planquadrate aufsummiert werden.

Shape	Plan- Quadrat	Wohnfläche im m ²	Baujahr -1918	Baujahr 1919-44	Baujahr 1945-60	CO	Staub
Polygon	4920	365	0	3	0		560	24
Polygon	4921	1134	0	2	2		1734	11
Polygon	4922	707	1	1	1		1567	38

Tab. 9: Der von STATISTIK AUSTRIA gelieferte Polygonfile enthält die auf Planquadrate aufsummierten HWZ-Merkmale und Emissionsdaten. Die erste Spalte enthält die Planquadratnummer. Nachdem der Externe diesen File in sein GIS eingebracht hat, kann er den Emissionskataster erstellen.

Der Emissionskataster der Stadtgemeinde Klosterneuburg berücksichtigt 6 Schadstoffkomponenten (CO₂, CO, SO₂, NO_x, C_xH_y und Staub). Auch wurde die Verteilung der Emissionsmengen CO₂ pro Einwohner und pro m² analysiert. Die CO₂-Emissionen pro Planquadrat wurden durch die Zahl der Einwohner bzw. Wohnfläche im jeweiligen Planquadrat dividiert. Alle 8 Karten, die das gesamte Gemeindegebiet zeigen, haben den Maßstab 1 : 55.000. Für das Stadtgebiet, wo auf Grund der Bevölkerungsdichte die höchsten Emissionswerte liegen, wurde der Maßstab 1 : 20.000 genommen. Bei diesem größeren Maßstabs können die Schadstoffe leichter lokalisiert werden (siehe Karte).

6 AUSBLICK

Da kleinräumige Merkmalsabfragen nur mit Hilfe von Sonderauswertungen möglich sind, ist der damit verbundene Arbeitsaufwand in STATISTIK AUSTRIA nur dann zu bewältigen, wenn man sowohl die Auswahl der für die Emissionsberechnungen notwendigen statistischen Daten als auch die statistische Gebietsgliederung (z.B. Planquadrate mit 100m, 250m, 500m und 1km) standardisiert. Der Vorteil einer derartigen Standardisierung liegt nicht nur darin, den zukünftigen Arbeitsaufwand bei Sonderauswertungen zu reduzieren, sondern auch innerhalb Österreichs vergleichbare Untersuchungsergebnisse zu liefern. Wenn jede Gemeinde und jedes Bundesland auf unterschiedliche statistische Daten mit unterschiedlichen Gebietsgliederungen zurückgreift, sind die Ergebnisse nicht mehr miteinander zu vergleichen. Gemeinde- bzw. länderübergreifende Emissionsberechnungen müßten nochmals gemacht werden.

LITERATUR

- Bundesministerium für Umwelt (1995): Energiebericht, Wien
- Frey, K., Haas J., Königshofer K. (1994): Handbuch für Energieberater, Johanneum Research, Institut für Energieforschung, Graz
- Hopfner, K., Amon T., Boxberger, J. (1999): Erneuerbare Energie in Klosterneuburg, Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik an der Universität für Bodenkultur, Wien.
- Papousek, B., Rohrer H., Lesch K., Geyer A. (1995): Methodik zur Bestimmung von Reduktionspotentialen klimawirksamer Spurengase für Gemeinden, Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur, Heft 24, Graz.

