

Wiss. Mitt. Niederösterr. Landesmuseum	15	157-193	St. Pölten 2003
--	----	---------	-----------------

## Ökologisches Profil der Stadt Krems an Hand einer Strukturanalyse und ausgewählten Stoffflüssen

MARTINA GRUBER-KÖLLERSBERGER, RUDOLF MAIER & WOLFGANG PUNZ

### Zusammenfassung

Flächenstruktur sowie anthropogene und natürliche Energie- und Stoffflüsse der Stadt Krems (Niederösterreich) wurden mit Hilfe der Ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse (ÖSSA) untersucht. Die Fläche der Gemeinde weist einen Vegetationsdeckungsgrad von 71% auf; die nicht versiegelten Flächen sind sowohl forstwirtschaftlich als auch landwirtschaftlich geprägt, wobei die Weinbauflächen einen hohen Anteil einnehmen. Die pflanzliche Nettoprimärproduktion (NPP) beträgt 60.500 t jährlich, davon entfallen 26.000 t auf die Wälder und 17.444 t auf Gärten, Weingärten und auf Ackerflächen. Durch die Sonne werden jährlich 41.487 GWh Energie auf das Gebiet der Stadtgemeinde Krems eingestrahlt; der anthropogene Energiebedarf liegt bei 19.093 GWh. Der Grundwasserverbrauch liegt mit mehr als 10.000.000 m<sup>3</sup> gegenüber 26.961.588 m<sup>3</sup> Niederschlag relativ hoch. Vom jährlichen Abfall (11.094 t) werden 2.969 t an biogenen Stoffe kompostiert, 5.056 t einer stofflichen Verwertung zugeführt und 3.026 t als Restmüll deponiert. Die errechnete Stickstoffbilanz ergab einen jährlichen Überschuss von 65 t N.

**Schlüsselwörter:** Ökosystemanalyse; Krems; Niederösterreich; Energiebilanz; Güterbilanz; Ökologischer Fussabdruck

### Summary

Ecosystem-based energy and carbon balance of the City of Krems (Lower Austria) comparing historical and present data. The community of Krems (Lower Austria) was investigated by means of the ÖSSA, a synoptical method combining ecosystem-based structural analysis with calculations of natural and anthropogenic fluxes. Vegetation cover in Krems is 71% mainly due to forests and agriculture (viticulture). Net primary production (NPP) amounts a total of 60.500 t/a (26.000 t from forests, 17.444 t from gardens and agricultural land). Solar radiati-

158 MARTINA GRUBER-KÖLLERSBERGER, RUDOLF MAIER & WOLFGANG PUNZ

on input is 41.487 GWh compared with 19.093 GWh anthropogenic energy consumption. The use of more than 10.000.000 m<sup>3</sup> of groundwater is high compared with 26.961.588 m<sup>3</sup> annual rainfall. From 11.094 t annual collected waste, 2.969 t are composted, 5.056 t are recycled and 3.026 t are stored on a waste disposal facility. The nitrogen balance of Krems was calculated to show a surplus of 65 t of nitrogen in the soil.

**Keywords:** ecosystem analysis; Krems; Lower Austria; energy balance; material balance; ecological footprint

### Einleitung

In dieser Arbeit wurde mittels der „Ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse“ (ÖSSA) eine ökologische Gesamtbetrachtung der Gemeinde vorgenommen, bei der die natürlichen und anthropogenen Stoff- und Energieflüsse und der Grad der menschlichen Einflussnahme auf das eigentliche städtische Ökosystem sowie dessen Umland untersucht wurden. Der Begriff Stoffflussanalyse stammt eigentlich aus der Technik, wo sie für Produktionsprozesse schon lange durchgeführt wurde. Von BACCINI und seinen Mitarbeitern (BACCINI 1993, BACCINI & BADER 1996) wurden erste Analysen für geographische Großräume in der Schweiz durchgeführt, die aber die natürlichen Komponenten im wesentlichen vernachlässigten. Erst in der Ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse (MAIER et al. 1996, 1997, PICHLER 1999, AIGNER 2000, PAVLICEV et al. 2000, JAINDL 2001, ZIEHMAYER et al. 2002, HAYDN 2002) werden natürliche und anthropogene Stoffflüsse und Lager gleichwertig verbunden. Da immer stärker ersichtlich wird, dass auch ökologische Ressourcen wie Wasser, Boden, Klima und Luft begrenzt sind, soll für den kommunalen Bereich eine Art Kassasturz gemacht werden, der die momentane Situation der Gemeinde aufzeigt und damit auch in das Planungspotential der zukünftigen kommunalen Bewirtschaftung mit einbezogen werden kann. Außerdem können diese Studien Grundlage für die bei immer mehr Großprojekten vorgeschriebenen Umweltverträglichkeitsprüfungen sein.

Es wurde eine Energie- und eine Güterbilanz für die Gemeinde Krems erstellt. Im besonderen wurden dabei spezielle Probleme der Stadtökologie in den Vordergrund gestellt, da etwa ein Drittel des Gemeindegebietes dicht bebauten Siedlungsraum darstellt. Zwei Drittel des Gemeindegebietes sind landwirtschaftlich geprägt, deshalb wurden die Stickstoffflüsse genauer analysiert, da Stickstoff als kritisches Naturkapital gilt (WACKERNAGEL & REES 1997). Abschließend

wurde ein Zukunftsszenario für die weitere Entwicklung und zur Unterstützung bei der Schaffung eines Maßnahmenkataloges errechnet.

### **Beschreibung des Untersuchungsgebietes**

#### **Grösse und Lage**

Die Stadtgemeinde Krems liegt im Zentrum von Niederösterreich an der Donau am Ausgang des engen Stromtales der Wachau (Europadiplom), zirka 70 km Luftlinie westlich der Bundeshauptstadt Wien. Nach Nordwesten erhebt sich das Hügelland des südlichen Waldviertels (Böhmische Masse), gegen Osten öffnet sich die Ebene des Tullnerfeldes. Jahrhundertelange menschliche Nutzung und reger Handel haben den Charakter des Raumes wesentlich beeinflusst. Das Gemeindegebiet erstreckt sich hauptsächlich am nördlichen Donauufer, die Stadtteile Hollenburg und Brunnkirchen wurden in den siebziger Jahren eingemeindet und befinden sich südlich der Donau. Katastralgemeinden der Stadt Krems sind Angern, Egelsee, Gneixendorf, Hollenburg, Krems, Landersdorf, Rehberg, Scheibenhof, Stein, Thallern und Weinzierl. Die donaanahen Gebiete liegen auf ungefähr 200 m Seehöhe, Ortsteile auf den Ausläufern der Böhmischen Masse wie Egelsee (400 m) oder Gneixendorf (300m) und Teile der Südufergemeinden Hollenburg und Brunnkirchen liegen etwas höher. Das Gemeindegebiet umfasst eine Fläche von 51,6 km<sup>2</sup>. Hauptfluss ist die Donau, in die von Nordosten außerdem Reisperbach, Alaunbach, Frauenbach und der Kremsfluss, der in ein markantes Tal eingegraben ist, münden. Die alten Siedlungsgebiete sind, als der Handel an Bedeutung zunahm, von den Abhängen des Hügellandes zum Donaustrom hin gewachsen. Erst mit der Industrialisierung kam es zu einer Ausweitung nach Osten. „Kulturlandschaft“ und „Stadtlandschaft“ sind hier im Gemeindegebiet unmittelbar benachbart.

#### **Geologie und Geomorphologie**

Der nordwestliche Teil des Gemeindegebietes wird von der Böhmischen Masse gebildet, einer Rumpflandschaft aus kristallinem Gestein (Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite) mit karger Humusauflage und kalkfreien Felsbraunerden. Das Gebiet ist hauptsächlich von Wald bedeckt. Das Donaubett ist darin tief eingeschnitten, und auch die einmündenden Bäche sind durch schluchtartige Täler charakterisiert. Im Osten wird die Böhmische Masse von Donauschottern überla-

gert, da sie durch Gesteinsverschiebungen so tief abgesunken ist.

Im Tertiär erstreckte sich das Molassemeer aus dem Wiener Becken bis an den Rand des Mittelgebirges der Böhmisches Masse, und es kam bis zu diesem Bereich zu Ablagerungen von Sedimenten wie Ton, Schlier und Tegel, aber auch zur Bildung von Braunkohle, die im 18. Jahrhundert bei Thallern abgebaut wurde (SOHM 1995). Auf diesen Ablagerungen bildeten sich die grauen und braunen Auböden, die günstig für landwirtschaftliche Nutzung sind. Nach dem Meeresrückzug hat die Donau in den folgenden Eiszeiten zur weiteren Überformung der Landschaft wesentlich beigetragen. In den Kaltzeiten erfolgten entlang der Flussterrassen Schotteranlagerungen, die in den Warmzeiten teilweise wieder abgetragen wurden. So wurden die Kremsterrasse, 65 m über der Donau (FINK 1976), heute noch bei der Schießstätte zu sehen, oder die Mindel-Terrasse (17 m über der Donau), auf der sich die Steiner Frauenbergkirche und die Kremser Gozzoburg befinden, geschaffen. Außer der Niederterrasse sind alle Terrassen von Löß bedeckt, ein feiner Staub, der in der Eiszeit aus vegetationslosen Bereichen ausgeblasen und über weite Strecken windverfrachtet wurde. Im Nordosten von Krems kam es zu teilweise sehr mächtigen Ablagerungen. Durch seine Porosität und Kapillarität besitzt Löß eine gute Luftzirkulation und hohes Wasserspeichervermögen. Dies und hohe Mineralstoffreserven in Verbindung mit organischer Substanz bedingen eine hohe Bodenfruchtbarkeit der Böden (Schwarzerden, Parabraunerde). Die Lösslandschaft bietet ein leichtwelliges Erscheinungsbild, doch ist sie auch von tiefen Erosionsrinnen durchzogen, deren Wände die Schichtung des Lösses zeigen (z.B. Wolfsgraben).

## **Klima**

Das Klima von Krems wird einerseits durch die Öffnung des Donautals nach Osten stark pannonisch beeinflusst und ist deshalb sehr mild, andererseits gehören Teile im Nordwesten klimatisch zum rauheren Klima des Waldviertels. Schon im Stadtgebiet selbst lässt sich ein Gradient zwischen den trockenen warmen Hängen der Altstadt, den heiß-trockenen Felswänden in Stein und dem feucht-kühlen Bereich entlang der Donau, im Reisperbach- und Alauntal legen (ROZANEK 1996). Die Hauptwindrichtung des Untersuchungsgebietes ist West bis Nordwest mit verhältnismäßig hohen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von 2,8 m/sec (BRENNER 1995) durch die Düsenwirkung am Ende des engen Donautals. Im Winter weht der Wind aber zeitweise auch aus dem Osten, was Geruchsbelästigungen aus dem Industriegebiet der Stadt Krems hervorruft.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt 9-10°C (NÖGRR 1997) und sinkt in den höher gelegenen Ortsteilen naturgemäß ab. Es werden durchschnittlich 54 Frostwechseltage (mindestens einmalige Unterschreitung des Gefrierpunktes) gezählt. Von Anfang April bis Ende Oktober herrscht kein Frost. Die Tagesmitteltemperatur von 5°C wird ab 6. November bis 21. März unterschritten. Die Jahressumme der Sonnenscheinstunden beträgt zirka 1.840. Im Frühling und Herbst werden ungefähr 40% der maximalen Sonnenscheindauer erreicht, im Sommer 55-60%, im Winter nur 25% bedingt durch häufigen Nebel (160 Stunden; GARGER 1989).

Ein weiterer klimatisch wesentlicher Faktor ist die Donau. Durch das Kraftwerk in Altenwörth reicht der Rückstau bis Krems. Dadurch könnte die Nebelbildung zusätzlich verstärkt worden sein (BRENNER 1995). Die Niederschlagssumme ist im Vergleich zum Bundesdurchschnitt mit 521 mm sehr gering. Niederschlag fällt durchschnittlich an 100 bis 125 Tagen im Jahr (mit 60% des Niederschlags in der Hauptvegetationsperiode im Sommer), oft als Gewitter, die Starkregen und Erosion verursachen. Gering ist die Zahl der Tage (12) mit Schneefall (GARGER 1989).

### **Vegetation**

Das Untersuchungsgebiet ist schon seit Jahrtausenden besiedelt und landwirtschaftlich vor allem durch Weinbau genutzt. Daher ist die ursprüngliche, natürliche Vegetation nur mehr in kleinen Nischen vorhanden. Dafür wurde eine Kulturlandschaft geschaffen, die sich vor allem durch ihre Ökotonnsituation zwischen pannonischer und submontaner Vegetation des Waldviertels auszeichnet. Durch Zerstörung von kleinräumigen Kulturlandschaftssystemen, durch intensivierte Flächennutzung, Ausräumung der Landschaft und Umwidmung von Flächen sind in den letzten hundert Jahren laut Untersuchungen von SPENLING & ZIMPRICH (1981) 135 Arten verloren gegangen, darunter 56 Arten auf trockenen Standorten, 36 auf Acker- und Ruderalstandorten und 43 Arten in Feuchtbiotopen. Das sind 13% des Artenbestandes der Kremser Flora.

Die potentiell natürliche Vegetation würde hauptsächlich ein geschlossenes Waldgebiet aus zonalen Eichen-Hainbuchenwäldern, kleinräumigen Schluchtwäldern und Auwäldern darstellen. Reste von natürlicher Vegetation findet man in den Schluchtwäldern im Nordwesten, die zu steil für die Nutzung waren. Hier wachsen vor allem Buchen (*Fagus sylvatica*), Winterlinden (*Tilia cordata*) und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*). Die wärmeren Lagen sind durch Eichen-

Hainbuchen-Mischwälder mit Flaumeiche (*Quercus pubescens*), Traubeneiche (*Quercus petraea*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) geprägt. Das zweite geschlossene Waldgebiet ergeben die Donau begleitende Auwälder. Sie sind durch den Kraftwerksbau in Altenwörth aber teilweise vom Grundwasser abgetrennt oder werden intensiv forstlich genutzt. Bedingt durch das trockene Klima und durch flachgründige Felsstandorte stellen auch Trockenrasen eine, wenn auch flächenmäßig bescheidene Form der baumfreien natürlichen Vegetation dar. Auch sie sind durch Aufforstungen, z.B. mit Robinien, bedroht. Ein weiteres Refugium für Wildpflanzen und vor allem Insekten bieten die Hohlwege, die durch Erosion im Löß gebildet wurden. Sie haben ein eigenes kühlfeuchtes Klima durch den dichten Bewuchs und das Blätterdach der Bäume hoch über der Wegsohle. Beispiel dafür ist z.B. der Armesündergraben oder der Wolfsgraben (LANIUS 1995, ROZANEK 1996).

Durch die lange Besiedlung veränderte sich die Artenzusammensetzung durch die menschliche Nutzung. Für Ackerbau und Beweidung wurde der Wald zu Gunsten einer offenen Landschaft zurückgedrängt und Ruderal- und Segetalgesellschaften wanderten vor allem aus dem Mittelmeerraum ein. Die Rolle der Viehwirtschaft erkennt man heute noch in Namen wie Viehtrift, Kuhberg. Mit dem Weinbau kam es zu einer neuerlichen anthropogenen Überformung der Landschaft durch Errichtung der Weinterrassen mit ihren Trockensteinmauern.

## **Fauna**

Durch die Umwandlung der Landschaft von einem geschlossenen Waldgebiet in eine Art Park- oder Steppenlandschaft, wie sie in Osteuropa und Mittelasien vorkommt, wurde Bewohnern dieser Trockengebiete (Ziesel, Lerche) das Einwandern in Ostösterreich ermöglicht. Auch wärmeliebende Arten wie der Bienenfresser oder die vielen thermophilen Insekten an Trockenstandorten können in Krems gefunden werden. Vor allem Tiere, die in diesem Bereich ihre Verbreitungsgrenze haben, sind sehr empfindlich auf Eingriffe in ihre Areale oder Verinselung ihrer Verbreitungsgebiete. Erfreulich ist in diesem Zusammenhang die Wiederansiedlung des Bibers in den Donauauen.

## **Historische Entwicklung**

Die ältesten Siedlungsspuren reichen in die Altsteinzeit zurück. Vor einigen Jahren wurde die „Venus vom Galgenberg“, eine zirka 32.000 Jahre alte Frauen-

statuette gefunden. Kontinuierliche Besiedelung konnte ab 4.000 v. Chr. bis in die Römerzeit nachgewiesen werden. Gegenüber dem Römerlager Favianis gab es in Krems eine Besiedelung durch slawische Stämme, wie Ausgrabungen eines Gräberfeldes in der Altstadt beweisen. Die erstmalige urkundliche Erwähnung erfolgte am 16. August 995 als „*orientalis urbs, quae dicitur Chremisa*“. Der befestigte Bereich des hohen Marktes wurde rasch ausgebaut und schon um 1050 n. Chr. siedelten Kaufleute rund um eine Fluchtburg. Hier befand sich auch die Münzstätte, in der von 1130 bis 1190 der Kremser Pfennig geprägt wurde.

Im Zuge der Stadterweiterung wurde die Burg im 13. Jahrhundert an den Bürger Gozzo verkauft, nach dem sie auch heute noch benannt ist. Bis zum Ende des 15. Jahrhunderts erreichte Krems jene Ausdehnung, die durch Reste der Stadtmauern und Stadttore bis heute belegt ist. Ähnlich war die Entwicklung von Stein, das urkundlich 1072/1091 erwähnt wurde und so wie Krems am Ende des Mittelalters eine stark befestigte Stadt war. Beide Stadtgemeinden waren Wirtschaftszentren an der Donau, deren Wohlstand auf dem Weinbau sowie dem Eisen- und Salzhandel beruhte. 1305 erhielten beide Städte – Krems und Stein – ein gemeinsames Stadtrecht, das sie bis 1849 als Doppelstadt verband. Bedeutende Privilegien wie die Bauerlaubnis für eine Donaubrücke 1463 unterstützten die Sonderstellung. Weltliche und sakrale Bauwerke des Hoch- und Spätmittelalters, der Renaissance und des Barocks zeugen vom Wohlstand der Bürger und wurden trotz Kriegen und Katastrophen immer wieder aufgebaut. Erst nach der Revolution 1848 änderte sich das mittelalterliche Stadtbild durch die Schleifung der Stadtmauern und die Erweiterung des Stadtgebietes. Krems und Stein wuchsen zusammen, und es entstanden in diesem Bereich wie auch im Kremstal erste Industriebetriebe. Weiteres Bauland wurde durch die Zuschüttung eines Donauarmes außerhalb der südlichen Stadtmauer, die Errichtung des Schutzdammes und die Einwölbung des Mühlbaches Ende des 19. Jahrhunderts (KARNER 1991) geschaffen.

### **Bevölkerungsentwicklung**

Mit einer Einwohnerzahl von 23.289 Personen mit Hauptwohnsitz und 4.875 Personen mit Zweitwohnsitz (Stand 10. 08. 1999) gilt Krems laut WURZER (1978) als zentraler Ort der Stufe V (Viertelhauptstadt). Das Stadtgebiet ist durchschnittlich mit 505 Einwohner pro km<sup>2</sup> besiedelt, wobei die Auegebiete im Südosten und die Waldgebiete im Nordwesten mit fast einem Drittel der Gesamtfläche nicht zum Dauersiedlungsraum gehören. Von den Einwohnern sind 51,9% weiblich und

48,1% männlich. Der Anteil der Kinder und Jugendlichen (von 0 bis 15 Jahren) an der Gesamteinwohnerzahl beträgt nur mehr 12,9% und hat sich seit 1981 von 17,8% um 4,9 Prozentpunkte verringert. Der Anteil der über 60-jährigen ist von 21,5% im Jahr 1981 auf 23,5% im Jahr 1991 gestiegen. Dadurch wird eine zunehmende Überalterung der Gesellschaft bewirkt. Laut der ÖROK-Bevölkerungsprognose (ÖROK 1994) ist in Krems von 1991 bis 2001 mit einer Abnahme der Einwohnerzahlen um 393 Personen (-1,7%) zu rechnen. 1991 waren in Krems 9.696 Privathaushalte mit 2,3 Personen pro Haushalt registriert. In der Dekade von 1991 bis 2001 ist mit einem Anstieg um 650 Haushalte (+6,7%) zu rechnen.

### **Wirtschaft**

Die Industrie ist der stärkste Wirtschaftszweig im Gebiet mit einem Anteil von 27,3%, gefolgt vom Dienstleistungsbereich mit 23% (ÖSTAT 1991). Mit 43% aller Beschäftigten stellt die Eisen und Metall verarbeitende Industrie den größten Sektor dar, gefolgt von chemischer Industrie und Textilindustrie. Das Industrie- und Gewerbegebiet befindet sich im Osten der Stadt in einer ehemaligen Aulandschaft des linken Donaufers benachbart zum Kremser Hafen. Durch den Ausbau des Rhein-Main-Donau Kanals wurde und wird eine weitere Steigerung der Betriebsansiedlungen erwartet.

In Krems gibt es 1.575 (Stand: Volkszählung 1991) Arbeitsstätten, wobei die größten Betriebe, die VOEST Krems (1.003 Beschäftigte), die EYBL International AG (750 Beschäftigte) und die Chemie Krems (573 Beschäftigte) sind. 15.200 Beschäftigte finden in der Stadt Arbeit, wobei 9.000 von außerhalb einpendeln, und 3.000 Kremser vor allem nach St. Pölten und Wien zur Arbeit fahren.

Mit 27 Schulen, darunter Volks- und Hauptschulen, Allgemeinbildende Höhere Schulen, Berufsbildende Mittlere Schulen, Pädagogische Akademie, einem Fachhochschulstudienlehrgang für Tourismusmanagement und seit 1995 der Donauuniversität kann man Krems auch als Bildungszentrum der Region bezeichnen.

### **Verkehr**

Im Zuge des Ausbaus des Rhein-Main-Donaukanals wurde durch die Kraftwerkskette und flussbautechnische Sanierungsmaßnahmen die Schifffahrtsrinne sowohl für Personenschifffahrt als auch für den Güterverkehr attraktiv gemacht. Im Kremser Hafen werden mittels Containerverladung jährlich 1,5 Mil-



lionen Tonnen (1998), + 15,3% gegenüber 1997 umgeschlagen. Bahnlinien führen nach Norden über Langenlois nach Horn, nach Osten über Tulln und Stockerau nach Wien (Franz-Josefs-Bahn seit 1872), nach Süden durch das Fladnitztal in die Landeshauptstadt St. Pölten (seit 1889), nach Westen entlang der Donau nach St. Valentin (Donauuferbahn 1909). Krems bildet einen Verkehrsknotenpunkt zwischen Waldviertel, Weinviertel und Alpenvorland. Wichtige Straßenverbindungen verlaufen in westlicher Richtung entlang beider Donauufer durch die Wachau (B3 und B33), nach Osten über Stockerau nach Wien (B3 und A22), nach Nordwesten über Zwettl ins Waldviertel (B37), nach Norden Richtung Langenlois (B218) und Nordosten Richtung Hadersdorf (B35), nach Süden Richtung St. Pölten und Westautobahn (S33). Im Raum Krems-Stein bestehen zwei Straßenbrücken und eine Eisenbahnbrücke über die Donau.

### **Landwirtschaft**

Wein wurde in der Wachau schon seit 2.000 Jahren kultiviert, als die Römer die ersten Rebstöcke in diese Grenzlandregion ihres Reiches brachten. Im Mittelalter wurde der Weinbau durch Klöster zur Hochblüte gebracht. Viele wichtige Klöster hatten Lesehöfe in Krems und Stein z.B. Passauerhof (ARBEITSKREIS ZUM SCHUTZ DER WACHAU 1995). Ein dramatischer Einbruch der Produktion wurde Ende des 19. Jahrhunderts durch die Reblausinvasion ausgelöst. Alte Rebsorten wurden daraufhin durch gepfropfte resistente Neupflanzung mit den heute bekannten Weißweinsorten Grüner Veltliner (Hauptsorte mit 54%), Riesling (11%), Neuburger, Weißburgunder, Muskat Ottonel und den Rotweinsorten Zweigelt und Blauer Portugieser ersetzt (ÖSTAT 1995a). Die meisten Weingärten werden als Hochkulturen bearbeitet, weil das eine optimale Flächenausnutzung bringt, nur noch wenige als Mittelhochkulturen oder Pfahlkultur. Die Weinbaufläche beläuft sich zirka auf 1.000 ha und wird in 10 Weinbaufluren (Pfaffenberg, Kremsleithen, Sandgrube, Goldberg, Kogl, Sommerleithen, Thalland, Pulverturm, Herrentrost, Frauengrund) aufgeteilt. Im milden Klima und verstärkt durch die künstlichen Terrassen werden mittels hohem händischem Arbeitseinsatz von 566 Weinbaubetrieben (nur 71 im Haupterwerb) Erntemengen von durchschnittlich 5.900.000 Liter Wein erzielt.

Die übrigen landwirtschaftlichen Betriebe werden ebenfalls hauptsächlich im Nebenerwerb geführt. In den Niederungen und klimatisch kühleren Gebieten gedeihen Gemüse, Weizen, Gerste, Mais, Luzerne und Kartoffel, soweit der Wasserbedarf gedeckt werden kann. Grünlandwirtschaft findet man an den

166 MARTINA GRUBER-KÖLLERSBERGER, RUDOLF MAIER & WOLFGANG PUNZ

Hängen, an weit von den Ortschaften entfernten Parzellen und wo zu starker Grundwassereinfluss Ackerbau unmöglich macht. In Gunstlagen werden außer Weinstöcken auch Marillen-, Äpfel- und Pfirsichkulturen gepflanzt. Forstwirtschaftliche Nutzfläche befinden sich in den nordwestlichen und südöstlichen Waldgebieten.

### **Methodik**

(ausführlicher bei KÖLLERSBERGER 2001, Begriffsdefinitionen in Anlehnung an MAIER et al. 1997)

#### **Systemgrenzen**

Zur systematischen Betrachtung des Untersuchungsgebietes, dessen Systemgrenze, gegeben durch die Fläche des Gemeindegebietes der Stadt Krems, nicht natürlichen Abgrenzungen folgt, sondern künstlich angenommen wurde, ist die Schaffung einzelner Prozesse von Vorteil. Behandelt wurden die Prozesse Anthroposphäre (bis 1.000 m über der Bodenoberfläche), Vegetation und Pedosphäre (bis 1 m Bodentiefe). Ihnen zugeordnet und extra behandelt sind die Stadt, die Landwirtschaft und Viehzucht.

#### **Grundlagen und Datenerhebung**

Eine der Grundlagen der Datenerhebung bildeten die in den Jahren 1993-1995 durchgeführten Untersuchungen zur Erstellung einer Biotopkartierung im Maßstab 1:5000 (LANIUS 1995). Weiteres Informationsmaterial ergab sich durch Recherche vor Ort beim Vermessungsamt, beim Abfallwirtschaftsamt, beim Wasserwerk und der Kläranlage, aus der amtlichen Statistik (ÖSTAT), aus Daten der österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK), aus dem Internet und aus Literaturrecherche.

#### **Subsystemklassen und Subsystemen**

Für weitere Berechnungen zu dieser Arbeit wurden die Daten der Biotoptypen (LANIUS 1995) zu Subsystemen neu geordnet und diese wiederum zu übergeordneten Subsystemklassen zusammengefasst. Dabei wurde zusätzlich die „Grundstücksdatenbank Regionalinformation“ (VERMESSUNGSAMT KREMS) zur

Kontrolle der Ergebnisse herangezogen.

Subsysteme sind räumlich abgegrenzte Ökosysteme, die sich durch gleiche Nutzung oder ähnliche ökologische Charakteristik auszeichnen. Ihre Fläche kann zusammenhängen oder aus Einzelflächen zusammengesetzt sein. Ein Subsystem kann einen Biotoptyp nach HOLZNER (1994) oder auch mehrere Biotoptypen beinhalten. Einteilungskriterium ist die Nutzung. Welche Biotoptypen welchen Subsystemen zugeordnet wurden, ist bei KÖLLERSBERGER (2001) ersichtlich.

### **Deckungsgrad der Vegetation**

Zur genaueren Berechnung der Biomasse und der Nettoprimärproduktion in den Subsystemen wurde anhand von eigenen Schätzwerten, Angaben über Zusatzstrukturen in der Biotopkartierung und nach den Studien von Wien, Bisamberg (MAIER et al. 1996, 1997) und Ptuj (PAVLICEV 1998), den Untersuchungsflächen ein bestimmter Deckungsgrad (Grünanteil) zugeordnet. Dieser bezieht sich auf das Verhältnis Grünfläche zu offener bzw. versiegelter Fläche des Subsystems und wird durch die Verteilung von Baum-, Strauchschicht (Kronenprojektionsfläche) und Kraut- bzw. Grasschicht definiert. Die Gesamtdeckung ergab sich aus der Summe dieser Komponenten. Wald, Ackerflächen, Wiesen und Brachen weisen fast maximale Deckung auf, der Deckungsgrad der Gewässer wurde durch die Einbeziehung der Uferbereiche bestimmt. Weinstöcke und Feldfrüchte wurden als Sonderflächen definiert. Daher weisen Weingärten einen 50%igen Sonderflächenanteil auf, gefolgt von im Weingarten wild oder gepflanzt wachsenden Bäumen (3%) und Sträuchern (2%) und einer schwachen Krautschicht. Die Vernichtung des Unterwuchses macht sich durch einen hohen Prozentsatz an unproduktiver Fläche (42%) bemerkbar. Bei Ackerflächen ist fast die gesamte Anbaufläche von Feldfrüchten bedeckt, wodurch ein Sonderflächenanteil von 97,5% definiert wurde. Auf Basis dieser Werte wurde der Gesamtdeckungsgrad der einzelnen Subsystem berechnet (ausführlich bei KÖLLERSBERGER 2001).

**Biomasse und Nettoprimärproduktion (NPP):** Die lebende **Biomasse** ist unter anderem deshalb ein wichtiges Charakterisierungsmerkmal eines Subsystems, weil sie durch ihre Strukturierung (Oberflächenvergrößerung durch das Blätterdach), ihre Verdunstungs- und Wasserhaltekapazität das Mikroklima beeinflusst. Da sich Krems im wesentlichen im gleichen vegetations-geographischen Raum wie Wien befindet, konnten die Werte der Biomasse/m<sup>2</sup> aus der Wien- und Bisambergstudie (DÖRFLINGER et al. 1995, MAIER et al. 1996, 1997) übernommen

werden. Die subsystemspezifischen Biomassewerte wurden mit der Fläche der Subsysteme multipliziert, um damit die Biomasse der Subsysteme zu definieren (s. KÖLLERSBERGER 2001). Verkehrsflächen werden mit Biomassewerten der Straße gerechnet, da der größte Anteil des Bahngeländes der Frachtenbahnhof ist, der als Industrieareal nicht so hohe Biomassewerte wie Bahngleise im Freiland hat. Bei den Wiesen wurde trotz sehr verschiedener Typen wie Magerwiese und Fettwiese ein Mittelwert verwendet, da sich die Gesamtfläche Wiese aus ungefähr gleichen Teilen Mager-, Fettwiese und Halbtrockenrasen zusammensetzt. Bei den Bauflächen wurde Wohnmischgebiet und Wohnen mit Garten unterschieden, da gerade die Grünbereiche rund um Häuser einen hohen Baumbestand und damit Biomasseanteil aufweisen.

Die **Nettoprimärproduktion** (NPP) besteht aus jährlichem ober- und unterirdischem Zuwachs der Biomasse (incl. abgestorbenen Anteilen, Wurzelexudaten und Tierfraß). Im natürlichen System werden die Stoffe durch Abbau und erneuten Einbau der Endprodukte im Kreislauf geführt. Durch den Menschen wird künstlich NPP durch Ernte, Mahd, Baumschnitt und Holzgewinnung aus dem natürlichen System entnommen, wodurch organische Substanz verlorengeht, die künstlich durch Düngung wieder zugeführt werden muss, um eine Verarmung des Bodens zu vermeiden. Zur Berechnung der NPP wurden subsystemspezifische Werte (s. KÖLLERSBERGER 2001) auf die gesamte produktive Fläche der Subsysteme hochgerechnet.

Die durch den Menschen angeeignete Nettoprimärproduktion ergibt sich aus der NPP der potentiell natürlichen Vegetation, die ohne menschlichen Einfluss durch Schaffung einer Kulturlandschaft, der zonalen Vegetationsverteilung entsprechend vorkommen würde, abzüglich der in der Natur verbleibenden Biomasse. Die in Krems vorkommende potentiell natürliche Vegetation wurde mit den bei GEISLER (1998) angegebenen Werten berechnet.

## Energie

Zur Erstellung einer Gesamtenergiebilanz müssen sowohl natürliche als auch anthropogene Energiequellen und Verbraucher berücksichtigt werden (Details bei KÖLLERSBERGER 2001). Die Gesamtenergiebilanz  $Q$  setzt sich aus folgenden Teilbilanzen zusammen:

$$Q = Q_S + Q_M + Q_K + Q_V + Q_H = 0$$

$Q_S$ , die **Gesamtstrahlungsbilanz** ergibt sich durch Addition der kurz- und langwelligen Strahlungsbilanz. Die kurzwellige Strahlungsbilanz ist die Differenz der kurzwelligen Einstrahlung (direkte Sonneneinstrahlung und diffuse Himmelsstrahlung) und der reflektierten kurzwelligen Strahlung; die langwellige Strahlungsbilanz umfasst die Gegenstrahlung der Atmosphäre und die langwellige Wärmeausstrahlung der Körper

$Q_M$ , die **Energie der Biomasse und jährlich durch Pflanzen fixierte Energie** ergibt sich durch Multiplikation des durchschnittlichen Energiegehalts der Biomasse (5,23 MWh/t; LARCHER 1994) mit der Biomasse der einzelnen Subsysteme.

$Q_K$ , die **Konvektion** kann als die Verfrachtung von Energie mit der (erwärmten) Luftmasse bezeichnet werden. Sie wird nicht direkt berechnet, sondern ergibt sich aus dem Rest in der Gleichung.

$Q_V$ , die **Evapotranspirationsenergie** setzt sich aus dem Produkt von konstanter aktueller Evapotranspiration (LIANG 1982: 0,620 t/m<sup>2</sup>), der Verdunstungsenergie (LARCHER 1984: 688,89 kWh/t) und der Fläche zusammen.

Die Evapotranspiration ist die Wassermenge, welche durch Verdunstung und Transpiration (Wasserdampfabgabe durch die Pflanzen) von der Erde in die Atmosphäre übergeht.

Die Summe der dem Stadtökosystem durch den Menschen zugeführten Energie ( $Q_H$ , **Anthropogene Energiezufuhr**) setzt sich aus dem Energiegehalt der Nahrung, der Fäkalien und dem Energiegehalt der fossilen Energie und sonstiger Energieträger zusammen.

### Stoffflüsse

Die Anthroposphäre bezieht Energie und Nahrung, eventuell auch Wasser durch Grundwasserströme aus dem Umland und gibt Abwasser, landwirtschaftliche Produkte und Müll ans Umland ab. Baumaterial und Konsumgüter bilden Stofflager. Die Vegetation erhält Kohlendioxid und Energie aus der Atmosphäre und produziert daraus Biomasse, die einerseits über Ernte in die Anthroposphäre eingebracht wird oder als Bestandesabfall in die Pedosphäre gelangt. Stofflager sind die ober- und unterirdische Biomasse. Die Pedosphäre bildet die Senke für HCO<sub>3</sub> und Sauerstoff aus der Atmosphäre, Mineraldünger aus der Anthroposphäre und verschiedenste organische Reste aus der Vegetationsschicht. Das Stofflager im Boden verteilt sich auf Mikroorganismen, Tiere, Streu und Mineralboden. Natürliche Güterlager findet man in der lebenden pflanzlichen Biomasse, in der

Bodenstreuauflage, im Wasserkörper von stehenden und fließenden Gewässern und im Grundwasserkörper. Natürliche Flüsse sind Nettoprimärproduktion, Streuabfall, Niederschlag, Evaporation. Anthropogene Lager sind Energieträger, Baumaterial, Konsumgüter, Mineraldünger und deponierter Abfall. Flüsse sind die Güterflüsse von Haushalten und Industrie, Abfall, Wasserleitungsverluste, Treibstoffe und Abluft aus Produktionsprozessen (ausführlicher KÖLLERSBERGER 2001).

### Stickstoff

Stickstoff ist ein bestimmender Faktor der pflanzlichen Produktion, die wiederum die Basis der Nahrungsnetze bildet. Durch das natürlich gebundene Vorkommen des Stickstoffes in Atmosphäre und Gestein, war Stickstoff früher Mangelware. Erst der Einsatz von Mineraldüngern ermöglichte hohe Ernteerträge; dadurch wurden die natürlichen Kreislaufmechanismen überfordert, und es kam zu einer Anreicherung des Stickstoffs in den verschiedenen Bereichen der Ökosysteme. Vom Grad der Anreicherung kann man auf die Natürlichkeit des untersuchten Systems schließen. Nähere Daten zur N-Bilanz sind der Arbeit von KÖLLERSBERGER (2001) zu entnehmen, welche grossteils auf den Kalkulationen von GEISLER (1998) basieren. Es wurden folgende Komponenten berechnet:

#### *Stickstoff in der Atmosphäre*

$$N_{\text{Deposition}} + N_{\text{asymbiotische Fixierung}} + N_{\text{symbiotische Fixierung}} = N_{\text{Denitrifikation}} + N_{\text{Nitrifikation}} + N_{\text{Abgasung}}$$

#### *Stickstofflager im Boden*

$$N_{\text{Lager Boden}} = N_{\text{Mineralboden}} + N_{\text{Streuauflage}} + N_{\text{Mikroorganismen}} + N_{\text{Bodentiere}}$$

#### *Stickstoffflüsse im Boden*

$$N_{\text{Deposition}} + N_{\text{asymbiotische Fixierung}} + N_{\text{symbiotische Fixierung}} + N_{\text{Vegetationsabfall}} + N_{\text{Dünger}} = N_{\text{Denitrifikation}} + N_{\text{Nitrifikation}} + N_{\text{Auswaschung}} + N_{\text{Ernte}} + N_{\text{Aufnahme}} + N_{\text{Lagerzuwachs}}$$

#### *Stickstofflager in der Vegetation*

$$N_{\text{Lager Vegetation}} = N_{\text{oberirdische Vegetation}} + N_{\text{unterirdische Vegetation}}$$

#### *Stickstoffaufnahme und Abgabe der Vegetation*

$$N_{\text{Aufnahme}} = N_{\text{Vegetationsabfall}} + N_{\text{Ernte}}$$

## Wasser

Bei der Erstellung der Wasserbilanz wurde die natürliche und die anthropogene Komponente unterschieden, die getrennt voneinander berechnet werden konnten. Dabei war zu beachten, daß es Wechselwirkungen zwischen beiden Systemen gibt, z.B. durch Trinkwasserentnahme aus dem Grundwasserkörper, anthropogen geförderte Transpiration (Bewässerung, Schwimmbecken), oder vom Menschen ausgelöste Versickerung aus undichten Wasserleitungsrohren.

Die vereinfachte Gesamtbilanz setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

$$Z_0 + A_0 + D_{sp} + N_S + ET_0 + A = 0$$

**Oberirdischer Zufluß ( $Z_0$ ).** Es wurden Angaben von der Wasserstraßen-direktion Niederösterreich (Hr KOLAR, mdl. Mitt.) verwendet, die von der Donau-Pegelmeßstelle Kienstock (westlich von Krems) stammen (s. KÖLLERSBERGER 2001).

Die Berechnung des **Oberirdischen Abflusses ( $A_0$ )** erfolgte mittels Werten aus DÖRFLINGER et al. (1995) für urbane und landwirtschaftlich-forstliche Ökosysteme laut Abflußkoeffizienten (vgl. KÖLLERSBERGER 2001).

Die **Versickerung ( $D_{sp}$ )** erhält man aus der Differenz des Gesamtniederschlages abzüglich der Evapotranspiration und des Abflusses.

Der **Niederschlag ( $N_S$ )** des Untersuchungsgebietes beträgt 521 mm (ZAMG, mündl. Mitt.). Dieser Wert wurde mit der Gemeindefläche multipliziert, um den Gesamtniederschlag des Untersuchungsgebietes zu erhalten. Nicht der gesamte Niederschlag bleibt dem Ökosystem erhalten, sondern es kommt teilweise zu oberirdischem Abfluß und zu Evapotranspiration. Nur ein bestimmter Anteil versickert im Boden und steht der Vegetation zur Verfügung oder gelangt ins Grundwasser.

Für die **Evapotranspiration ( $ET_0$ )** wurde ein Wert von 459 mm berechnet (vgl. GARGER 1989, SUKOPP & WITTIG 1993; ausführlicher bei KÖLLERSBERGER 2001).

Die **Anthropogene Komponente A** des Wasserverbrauchs setzt sich, vereinfacht formuliert, aus folgenden Parametern zusammen:

$$A = Z_a + A_a + E_{gw} + V_a + ET_a$$

**Zufuhr durch Wasserleitungen  $Z_a$ :** Die entsprechenden Werte wurden aus einer Studie des WASSERWERK KREMS (1998) entnommen.

**Abfuhr durch die Kanalisation  $A_a$ :** Vom durch das Wasserwerk zugeleiteten Wasser wurde die anthropogen bedingte, verdunstete Menge abgezogen, um jenes Maß an Trinkwasser, das tatsächlich wieder in die Kanalanlagen eingeleitet wurde, zu bekommen. Der Anteil des Regenwassers, der als oberflächlicher Abfluß definiert worden ist, wurde zum Abwasser addiert und der Gesamtwert an Abwasser berechnet.

**Grundwasser  $E_{gw}$**  wird einerseits vom Wasserwerk für die Trinkwasserversorgung entnommen, andererseits haben die meisten großen Betriebe in den letzten Jahren auf ihren Grundstücken Brunnen errichtet, um Brauchwasser für Industrieprozesse zu gewinnen (Wasserwerk Krems, Hr. Hollensteiner, mündl. Mitt). Die zur Berechnung verwendeten Mengenangaben waren Konsensmengen, die beim Wasserwerk Krems erfragt worden sind (vgl. KÖLLERSBERGER 2001).

Unter **anthropogen bedingter Versickerung  $V_a$**  ist jener Anteil des Leitungswassers zu verstehen, der durch undichte Leitungen verloren geht,. Die entsprechenden Werte wurden der Studie des WASSERWERK KREMS (1998) entnommen.

**Anthropogen bedingte Evaporation  $ET_a$**  ist dadurch bedingt, dass durch Bewässerungsanlagen, Schwimmbecken und Reinigungstätigkeit zusätzlich Wasser an die Erdoberfläche gebracht und der Verdunstung ausgesetzt wird (MAIER et al. 1996; vgl. SPINDELBERGER 1999, KÖLLERSBERGER 2001).

## **Abfall**

1999 wurde vom KREMSENER ABFALLWIRTSCHAFTSAMT die „Statistik zur Kremser Abfallwirtschaft“ herausgegeben, die sich mit der Zusammensetzung des städtischen Mülls seit 1993 beschäftigt. Abfall wurde dabei grob unterteilt in Restmüll und Altstoffe. Es wurde darin auf Abfallmengen, Altstoffzusammensetzung und Verteilung der Sammelzentren eingegangen. Die Ergebnisse wurden übernommen und teilweise durch eigens erstellte Grafiken ergänzt (s. KÖLLERSBERGER 2001).

## **Gesamtgüterbilanz**

**Boden: Streu, Humus, Tiere, Mikroorganismen.** Diese natürlichen Lager wurden mittels für die einzelnen Subsysteme festgesetzten Koeffizienten nach Daten von PAVLICEV et al. (2000) berechnet (s. KÖLLERSBERGER 2001).

**Landwirtschaft:** Für die Berechnung der landwirtschaftlichen Produktion standen Daten aus der „Landwirtschaftlichen Betriebszählung“ (ÖSTAT 1995a) zur Verfügung. Ernte wurde aufgeteilt in Stroh/Blatt und Körnerernte.



Durchschnittliche Ernteerträge sind bei KÖLLERSBERGER (2001) zu finden. Zur Kontrolle konnten Angaben über die Verkaufsmenge des Lagerhauses herangezogen werden. Die durchschnittliche Produktionsmenge des Weins wurde aus der Broschüre Krems in Daten entnommen.

**Nahrung:** Sie wird errechnet aus dem durchschnittlichen Nahrungsverbrauch eines Österreicher (ÖSTAT 1995b), indem man mit der Anzahl der Einwohner mit Hauptwohnsitz multipliziert (s. KÖLLERSBERGER 2001).

**Baumaterialien:** Häuser und Verkehrsflächen bilden im Stadtökosystem ein Güterlager. Aus der „Häuser- und Wohnungszählung“ (ÖSTAT 1995c) wurde die durchschnittliche Wohnfläche pro Einwohner und die Fläche der Arbeitsstätten entnommen. Diese wurde mit der durchschnittlichen Gebäudehöhe multipliziert und über die durchschnittliche Wohnbaudichte das Gewicht der Häuser errechnet. Für Verkehrsflächen wurde ein durchschnittliches Gewicht von 1 t/m<sup>2</sup> angenommen (BRUNNER 1994).

**Konsumgüter:** Der Verbrauch konnte nur geschätzt werden. Es wurden Vergleichsdaten aus DÖRFLINGER et al. (1995) und PUNZ et al. (1996) verwendet (s. KÖLLERSBERGER 2001). Als Kontrollgrößen dienten die Daten aus der Abfallbilanz von Krems.

### Ökologischer Fußabdruck

Der ökologische Fußabdruck nach WACKERNAGEL & REES (1997) macht sichtbar, wieviel biologisch produktive Fläche notwendig ist, um einen gegebenen Lebensstil dauerhaft aufrecht erhalten zu können. Er errechnet sich aus dem Produkt des Pro-Kopf-Verbrauchs einer durchschnittlichen Person und der Einwohnerzahl des Untersuchungsgebietes. Diese Werte weisen, je nach kulturellen, geographischen und klimatischen Bedingungen, unterschiedliche Größen auf. Der nationale Verbrauch ist die Summe aus Produktion und Importen, abzüglich der Exporte. Die benötigte produktive Fläche ist die Summe aller Teilflächen, die von den Konsumgütern einer Person für Nahrung, Trinkwasser, Wohnung, Kleidung, Energie, Transport, Dienstleistungen belegt werden. Je nach Hauptkonsumkategorie wird bestimmtes Land in Rechnung gestellt. Für den Fossilenergieverbrauch wird die Fläche gezählt, die zum Abbau des freiwerdenden CO<sub>2</sub> benötigt wird. Die Siedlungsfläche entspricht dem überbauten Land, Nahrung wird mit landwirtschaftlicher Fläche gleichgesetzt, und Forstprodukte (wie Baustoffe oder Brennholz) beziehen sich auf die Waldfläche. Weiters wird auch versucht die graue Energie, die in der Produktion von Konsumgütern und

der Aufrechterhaltung von Dienstleistungen steckt, miteinzubeziehen.

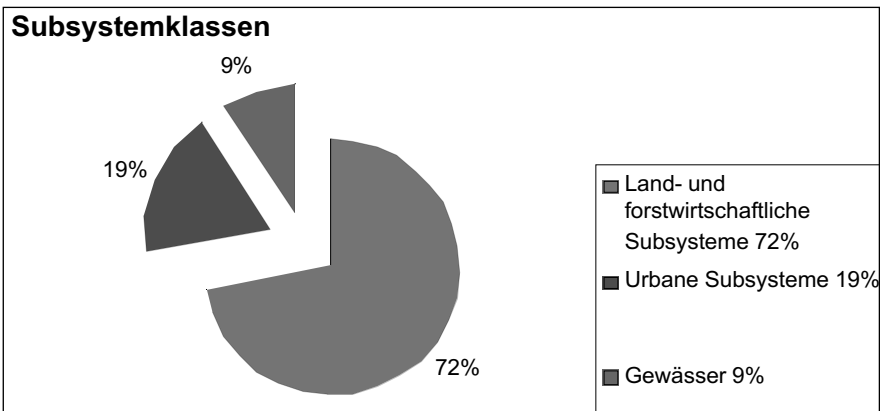
Berechnet auf die heutigen Weltbevölkerungszahlen und die vorhandene biologisch produktive Fläche stehen nach WACKERNAGEL & REES (1997) jedem Erdenbürger 2 ha Fläche (1,45 ha fruchtbares Land und 0,55 ha produktive Meeresfläche) zur Verfügung. Durch Globalisierung kam es zu einer weltweiten Vernetzung und Verlagerung der Produktionsflächen für Energie, Nahrungsmittel und Rohstoffe aus den Industriestaaten in die Entwicklungsländer. Dafür macht der Fußabdruck für die reichen Staaten jetzt im Schnitt 3 bis 6 ha aus, was auf der anderen Seite in den Entwicklungsländern fehlt.

Durch Berechnung des ökologischen Fußabdruckes für die Einwohner einer Stadt und Vergleich mit der tatsächlichen Gemeindefläche kann man auf den Anteil der Selbstversorgung und Möglichkeiten der Autarkie schließen.

## Ergebnisse

### Subsystemgliederung

Die Verteilung der Subsysteme bzw. Subsystemklassen ist aus Tabelle 1 sowie den Abbildungen 1, 2 und 3 ersichtlich. Zwei Drittel der Stadtgemeinde Krems werden von den land- und forstwirtschaftlichen Subsystemen eingenommen; diese umfassen die großen Ackerbaugebiete im Nordosten, die Weingärten und Obstgärten an den Lösshängen und die Waldgebiete im Nordwesten und Südosten. Dazwischen breitet sich auf rund 19% der Fläche der Dauersiedlungsraum aus (s. KÖLLERSBERGER 2001).



**Abb. 1:** Flächenanteile der land- und forstwirtschaftlichen und der urbanen Subsysteme des Untersuchungsgebietes (im Uhrzeigersinn von oben)

Subsystem	Fläche in m <sup>2</sup>	Fläche in ha
<b>Land- und forstwirtschaftliche Subsysteme</b>		
Ackerflächen	5.830.234,24	583,02
Weingärten	10.206.114,68	1.020,61
Gärten	1.637.171,56	163,72
Wiesen	1.768.903,62	176,89
Brachen	2.844.209,32	284,42
Wälder	15.078.975,83	1.507,90
	37.365.609,25	3.736,56
<b>Urbane Subsysteme</b>		
Bauflächen gesamt	5.202.103,34	520,21
Wohnmischgebiet	2.972.115,82	297,21
Wohnen mit Garten	2.229.987,52	223,00
Erholungsflächen	1.679.794,85	167,98
Verkehrsflächen	2.799.280,86	279,93
	9.681.179,05	968,12
Gewässer	4.702.901,65	470,29
<b>Summe gesamt</b>	<b>51.749.689,95</b>	<b>5.174,97</b>

Tab. 1: Subsysteme und Subsystemklassen der Stadt Krems

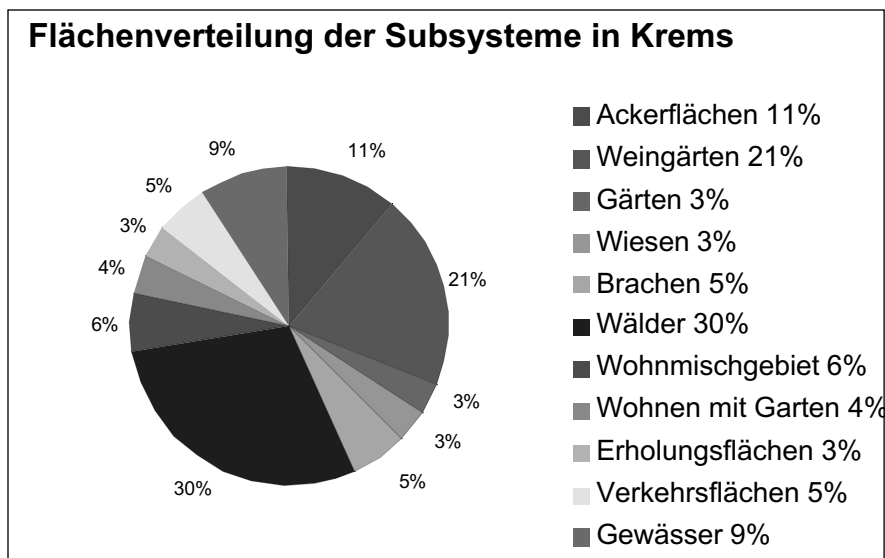


Abb. 2: Anteilmäßige Verteilung der Subsystemflächen (im Uhrzeigersinn von oben)

### Deckungsgrad der Vegetation, Biomasse und Nettoprimärprodukten

Der Deckungsgrad für die verschiedenen Subsysteme ist in Tabelle 2 ersichtlich; der durchschnittliche Deckungsgrad im Untersuchungsgebiet beträgt 71,36%.

Subsystem	Fläche in m <sup>2</sup>	Fläche in ha	Deckungsgrad in %	Vegetationsfläche in m <sup>2</sup>
Land- u. forst-wirtschaftl. Subsysteme				
Ackerflächen	5.830.234,24	583,02	98,00	5.713.629,56
Weingärten	10.206.114,68	1.020,61	58,00	5.919.546,51
Gärten	1.637.171,56	163,72	54,10	885.709,81
Wiesen	1.768.903,62	176,89	99,90	1.767.134,72
Brachen	2.844.209,32	284,42	96,40	2.741.817,78
Wälder	15.078.975,83	1.507,90	99,90	15.063.896,85
-Urbane Subsysteme				
Wohnmischgebiet	2.972.115,82	297,21	32,60	968.909,76
Wohnen mit Garten	2.229.987,52	223,00	74,70	1.665.800,68
Erholungsflächen	1.679.794,85	167,98	81,00	1.360.633,83
Verkehrsflächen	2.799.280,86	279,93	14,50	405.895,72
Gewässer	4.702.901,65	470,29	9,30	437.369,85
<b>Summe gesamt</b>	<b>51.749.689,95</b>	<b>5.174,97</b>		<b>36.930.345,08</b>

Tab. 2: Deckungsgrad der Vegetation

**Biomasse:** Der Wald stellt mit 514.733 t das an Biomasse reichste Subsystem dar. Darauf folgen die Bauflächen mit 24.849 t und die Erholungsflächen mit 17.416 t. Brachen haben durch die dichte Vegetationsdecke mit 20.563 t ebenfalls relativ hohe Biomassewerte. Die geringe Biomasse der landwirtschaftlichen Subsysteme – Äcker mit 11.998 t und Wiesen mit 2827 t – lässt sich daraus erklären, dass der Grossteil der Biomasse jährlich entnommen wird und wieder von Neuem heranwachsen muss. Mit 852 t haben die größtenteils versiegelten Subsysteme der Verkehrsflächen die geringste Biomasse; bei den Gewässern ist in dem errechneten Wert von 656 t der produktive Uferstreifen mit einbezogen (vgl. Abb. 4).

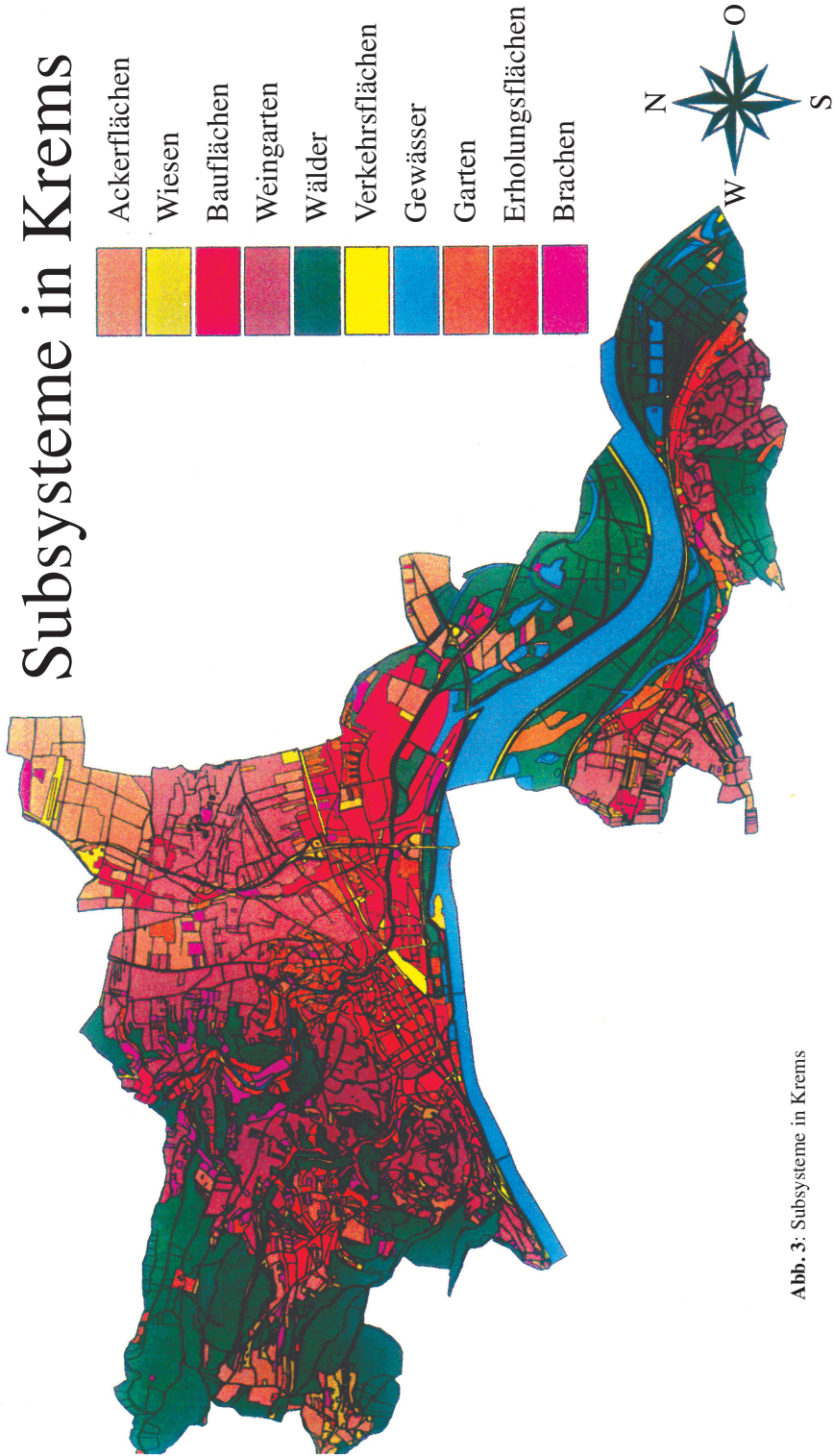
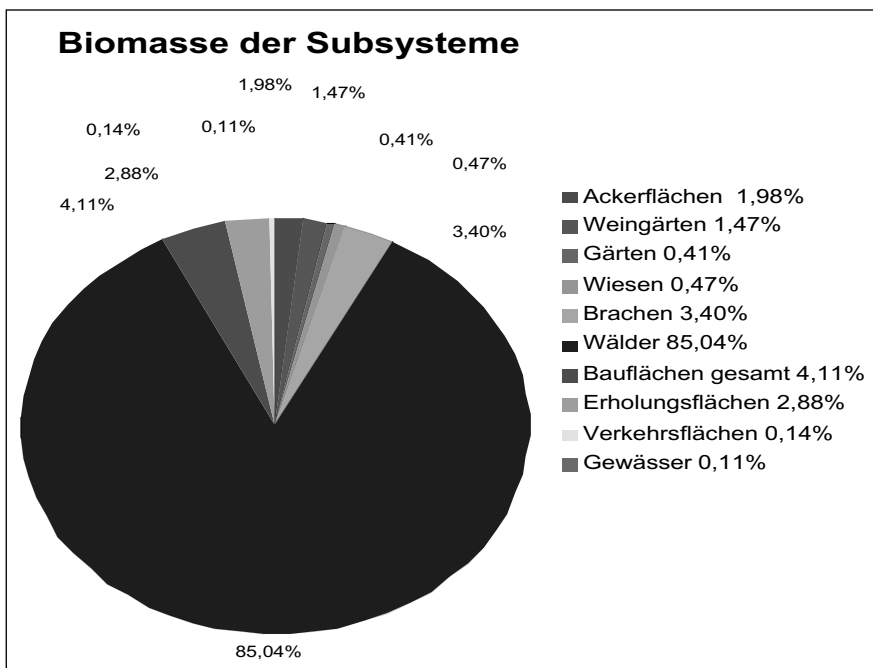


Abb. 3: Subsysteme in Krems

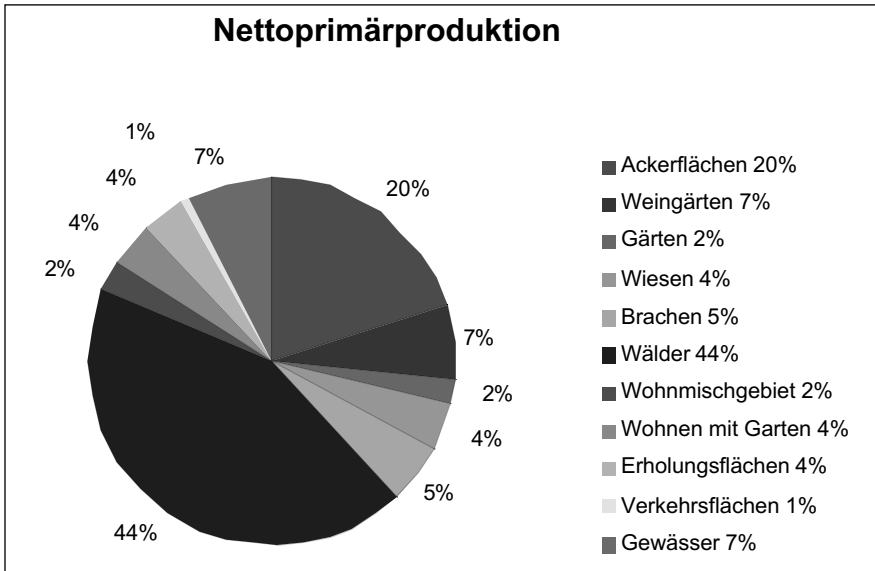


**Abb. 4:** Prozentueller Anteil der Biomasse in einzelnen Subsysteme an der Gesamtbiomasse (im Uhrzeigersinn von oben)

Subsystem	Gesamtbiomasse (kg)
Ackerflächen	11.998.622,07
Weingärten	8.879.319,77
Gärten	2.479.987,48
Wiesen	2.827.415,55
Brachen	20.563.633,38
Wälder	514.733.355,51
Bauflächen gesamt	
Wohnmischgebiet	4.360.093,91
Wohnen mit Garten	20.489.348,33
Erholungsflächen	17.416.113,00
Verkehrsflächen	852.381,02
Gewässer	656.054,78
<b>Summe gesamt</b>	<b>605.256.324,80</b>

**Tabelle 3:** Biomasse der Subsysteme

**Nettoprimärproduktion (NPP):** Im oberen Produktionsbereich liegen Wälder mit 26.087 t und Ackerflächen mit 12.069 t. Auf Bauflächen ist die NPP mit 1.456 t zu veranschlagen, auf Straßen mit 560 t (vgl. Abb. 5, Tab. 4).



**Abb. 5:** Nettoprimärproduktion der einzelnen Subsysteme (im Uhrzeigersinn von oben)

Subsystem	GesamtNPP in t
<b>Land- und forstwirtschaftliche Subsysteme</b>	
Ackerflächen	12.069
Weingärten	4.082
Gärten	1.293
Wiesen	2.476
Brachen	3.299
Wälder	26.087
<b>Wohnmischgebiet</b>	
Wohnen mit Garten	2.564
Erholungsflächen	2.150
Verkehrsflächen	560
Gewässer	4.515

**Tab. 4:** Nettoprimärproduktion der einzelnen Subsysteme in t

## Energie

Die natürliche Strahlungsbilanz für das Gemeindegebiet von Krems ergibt 41.486,96 GWh. Von den Pflanzen werden 3.482,18 GWh fixiert. Die gesamte anthropogene Energie setzt sich aus Energieträgern, Nahrung und Atmung zusammen und ergibt 19.093,33 GWh. Die Verteilung des Energieverbrauchs nach Energieträgern ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Verdunstungsenergie wurde mit 16.363,28 GWh berechnet.

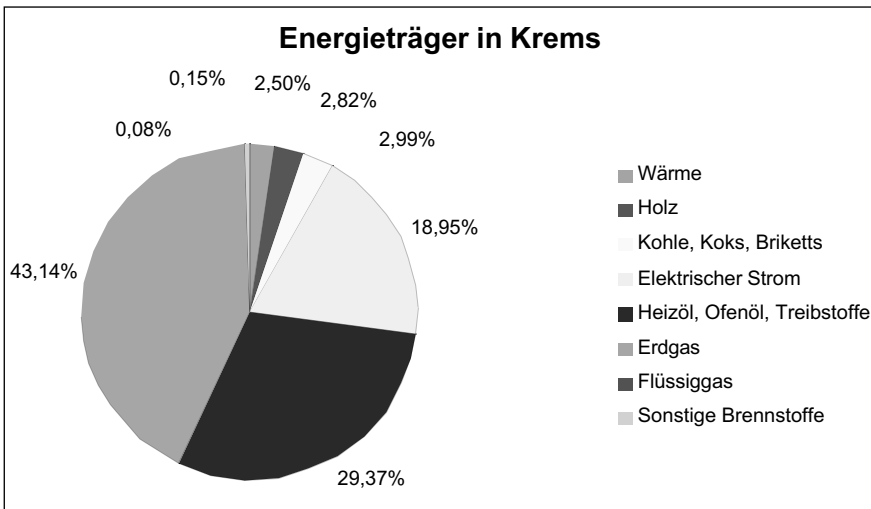


Abb. 6: Prozentuelle Darstellung des Energieverbrauches nach Energieträgern in Krems

## Stoffflüsse

### Stickstoff (nur landwirtschaftliche Subsysteme)

Die Ergebnisse für die Stickstoffbilanz im Boden wurden für die einzelnen Prozesse separat berechnet: detaillierte Ergebnisse sind der Arbeit von KÖLLERSBERGER (2001) zu entnehmen. Zusammenfassend sind hier die wichtigsten Werte als Bilanzgleichungen nach dem Schema von GEISLER (1998) wiedergegeben (Angaben in t/a).



## Ökologisches Profil der Stadt Krems

181

*Austrag aus der Atmosphäre*

$$N_{\text{Deposition}} (35,42) + N_{\text{asymbiontische + symbiontische Fixierung}} (15,84) = 51,26$$

*Eintrag in die Atmosphäre*

$$N_{\text{Denitrifikation}} (2,7) + N_{\text{Nitrifikation + Abgasung}} (14,72) = 17,42$$

$$\text{Bilanz Atmosphäre (Austrag – Eintrag)} = 33,84$$

*Boden (Lager)*

$$N_{\text{Lager Boden}} = N_{\text{Mineralboden}} (10.178,68) + N_{\text{Streuaufgabe}} (118,86) + N_{\text{Mikroorganismen}} (559,94) + N_{\text{Bodentiere}} (104,21) = 10.961,69$$

*Eintrag in den Boden*

$$N_{\text{(Deposition+asymbiontische Fixierung +symbiontische Fixierung)}} (51,26) + N_{\text{Vegetationsabfall}} (61,73) + N_{\text{Dünger}} (89,29) = 202,28$$

*Austrag aus dem Boden*

$$N_{\text{Denitrifikation+Nitrifikation}} (14,72) + N_{\text{Auswaschung}} (19,3) + N_{\text{Aufnahme}} (177,86) + N_{\text{Lagerzuwachs}} (24,63) = 136,51$$

$$\text{Bilanz Boden (Eintrag – Austrag)} = 65,77$$

*Vegetation (Lager)*

$$N_{\text{Lager Vegetation}} = N_{\text{oberirdische Vegetation}} (138,66) + N_{\text{unterirdische Vegetation}} (64,36) = 203,02$$

*Stickstoffzuwachs in der Vegetation*

$$N_{\text{Zuwachs}} = N_{\text{Aufnahme}} (177,86) - N_{\text{Vegetationsabfall}} (61,73) + N_{\text{Ernte}} (91,5) = 24,63$$

Die Resultate lassen sich in Kürze folgendermassen zusammenfassen: Die Stickstoffbilanz für die landwirtschaftlichen Subsysteme der Stadtgemeinde Krems ergab 203 t Stickstoff für die in der Natur verbleibenden Vegetation, 92 t Stickstoffentnahme durch Ernte, eine Zufuhr von 81 t durch Mineraldünger und 8 t durch Wirtschaftsdünger, eine Auswaschung ins Grundwasser von 19 t und eine Ausgasung in die Atmosphäre von 15 t und einen Eintrag von 51 t aus der Atmosphäre. Im Prozess Boden führt das zu einem Überschuss von 65 t Stickstoff jährlich, der teilweise im Lager Boden bleibt, langfristig aber durch Auswaschung

ins Grundwasser Probleme verursacht.

Eine schematische Darstellung der Stickstoffflüsse („Stickstoffbilanz Krems, 2000“) ist in Abbildung 7 wiedergegeben.

## LANDWIRTSCHAFTLICHE STICKSTOFFBILANZ KREMS, 2000

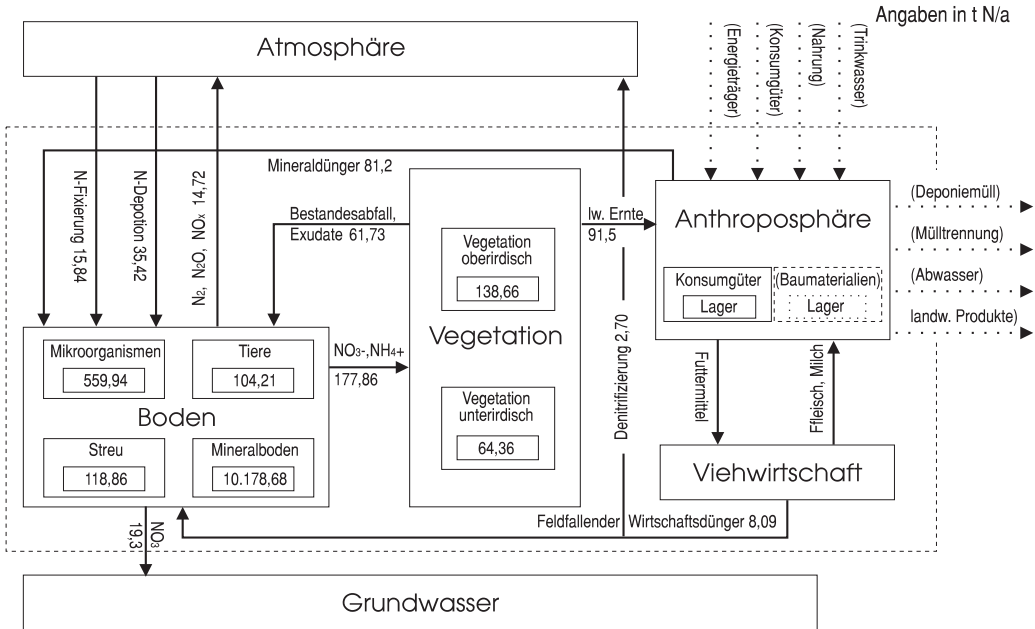


Abb. 7: Stickstoffbilanz Krems 2000

### Wasser

Die durchschnittliche jährliche Durchflussmenge der Donau im Gemeindegebiet von Krems wird mit 22.283,85 km<sup>3</sup>; der Niederschlag mit 26.961.588,46 m<sup>3</sup> beziffert. Der oberirdische Abfluss beträgt 3.479.647,67 m<sup>3</sup>. Die gesamte natürliche Evapotranspiration macht 19.695.065 m<sup>3</sup> aus, die Versickerung 3.786.876 m<sup>3</sup>. Das Kremser Wasserwerk liefert jährlich 3.212.736 m<sup>3</sup> Wasser, welches zu 39,65% in Haushalten, zu 11,79% im Kleingewerbe, zu 11,68% in der Industrie, zu 4,78% in fremden Versorgungsgebieten und zu 18,71% für den Eigenverbrauch des Wasserwerkes (Pumpversuche) verwendet wird. Darüber hinaus entnehmen einige Großbetriebe mehr als doppelt so viel an Grundwasser durch firmeneigene Brunnen. In die anthropogen bedingte Versickerung geht neben den Wasserverlusten aus undichten Rohren auch der Eigenverbrauch des Wasserwerkes ein, zusammen 1.031.164 m<sup>3</sup>. Die anthropogen bedingte Evapo-

transpiration liegt im Mittel bei 8% des gesamten Trinkwassers. Die Kanalisationsfracht wird aus den vorstehenden Termen mit 5.896.127,60 m<sup>3</sup> berechnet.

**Abfall**

Das Gesamtabfallaufkommen in Krems betrug 1999 11.093.553 kg. Durch Einführung von zusätzlichen Trennsystemen 1993 und 1994 konnte der Restmüll von 3.879.000 kg auf 2.754.190 kg 1994 reduziert werden. Seitdem kam es aber wieder zu einer kontinuierlichen Steigerung bis 1999 auf 3.026.260 kg. Jeder Einwohner von Krems verursachte 1999 durchschnittlich 487,23 kg Abfall der sich aus den in Abbildung 8 angeführten Müllfraktionen zusammensetzt.

Biogener Abfall (2.038.310 kg), Grünschnitt (930.970 kg) und Restmüll (3.026.260 kg) werden in der Deponie in Krems Gneixendorf kompostiert bzw. endgelagert. Der Kompost kann an Kompostaktionstagen wieder von der Bevölkerung für den Eigenbedarf abgeholt werden (maximal 150 kg pro Person) und verbleibt somit im Gemeindegebiet. Altglas wird an die Firma VETROPAK in Pöchlarn geliefert. Kunststoffe werden zum Sortieren nach Oberwölbling gebracht und entweder als Granulat recycelt oder in Zementwerken oder Müllverbrennungsanlagen thermisch verwertet. Altpapier, Kartonagen, Styropor, Verpackungen aus Metall und Alteisen werden ebenfalls aus dem Gemeindegebiet exportiert und dem Recycling zugeführt. Somit verbleiben 7.967.200 kg im Gemeindegebiet und 3.026.353 kg werden zu Recycling- oder Entsorgungszwecken ins Umland weitergeleitet.

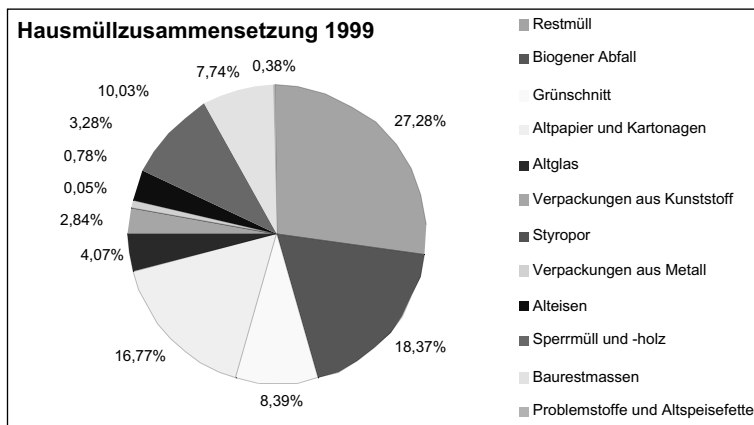


Abb. 8: Prozentuelle Zusammensetzung der Abfallmengen in Krems

## Boden

Die natürliche Güterbilanz des Bodens ergibt eine Menge von 45.983 t Streu, 508.184 t Mineralboden, 10.671 t Bodentiere und 1.690 t Mikroorganismen.

## Gesamtgüterbilanz

*Landwirtschaft:* In Krems werden auf einer Ackerfläche von 583 ha insgesamt 2.921 t Feldfrüchte produziert. Den Hauptanteil haben Kartoffeln (78 t), Mais (166 t) Gemüse (233 t) und Getreide (930 t Körner). 126 ha Obstgärten liefern 5477 t Obst. Die Weinbaufläche mit 1021 ha bringt einen Ertrag von 8.429 t Trauben, umgerechnet ca. 5.900.000 l Wein. Insgesamt gedeihen auf den landwirtschaftlichen Flächen von Krems jährlich 16.827 t Nahrungsmittel und Feldfrüchte, die teilweise im Gemeindegebiet verwendet bzw. zu diesem Zweck exportiert werden. Durch die Spezialisierung der Landwirtschaft auf Wein- und Obstbau und den Anbau von an geologisch und klimatisch optimal angepassten Feldfrüchten bei gleichzeitiger Vernachlässigung der Viehzucht ist aber keine ausgewogene Versorgung mit den Grundnahrungsmitteln gegeben. In Tabelle 5 werden in Krems erzielte Ernteerträge mit der verbrauchten Menge in Form von Lebensmitteln verglichen.

Nahrungsmittel	t Ernte in Krems	t verbraucht in Krems	Import in %	Export in %
Weizen	383	1.178	67	
Roggen	158	312	49	
Gerste	357	7		98
Hafer	31	16		47
Mais	166	75		55
Kartoffel	78	1.430	95	
Gemüse	233	1.900	88	
Obst	5.477	2.180		60
Wein	5.900	770		87
Fleisch	87	2.154	96	

**Tab. 5:** Vergleich der Erntemengen und der verbrauchten Menge in Nahrungsmitteln

**Nahrung:** Der durchschnittliche Österreicher verbraucht pro Jahr laut ÖSTAT (1995b) 805,78 kg Nahrungsmittel; berechnet auf die Einwohnerzahl von Krems ergibt das einen gesamten Verbrauch von 18.765,59 t (ausführliche tabellarische Darstellung bei KÖLLERSBERGER 2001).

**Baumaterialien:** Bei einer durchschnittlichen Wohnfläche von 36,4 m<sup>2</sup> pro Einwohner von Krems wurde eine Baumasse von 1.628.390 t berechnet. Die Industriegebäude mit einer Gesamtgrundfläche von 779.700 m<sup>2</sup> beinhalten eine Baumasse von 2.994.048 t und die Straßen mit 1 t/m<sup>2</sup> eine Baumasse von 2.799.281 t. Das ergibt eine Gesamtmenge im Lager ‚Baumaterial‘ von 7.421.719 t.

**Konsumgüter:** Zu den Konsumgütern zählen Verbrauchs- und Gebrauchsgüter. Die Verbrauchsgüter (Lebensmittel, Getränke, Verpackungen, Wasch- und Reinigungsmittel) machen eine jährliche Menge von 19.432 t aus, die Gebrauchsgüter (Elektrogeräte, PKW) belaufen sich jährlich auf 1.398 t. Das ergibt eine Summe von 20.830 t. Im Lager befinden sich zusätzlich noch 23.626 t Gebrauchsgüter, wodurch die Gesamtsumme der Verbrauchs- und Verbrauchsgüter im Untersuchungsgebiet 44.456 t ausmacht.

Die gesamten Daten der Güterbilanz sind in Abbildung 9 graphisch zusammengefasst (vgl. auch KÖLLERSBERGER 2001).

## GÜTERBILANZ KREMS, 2000

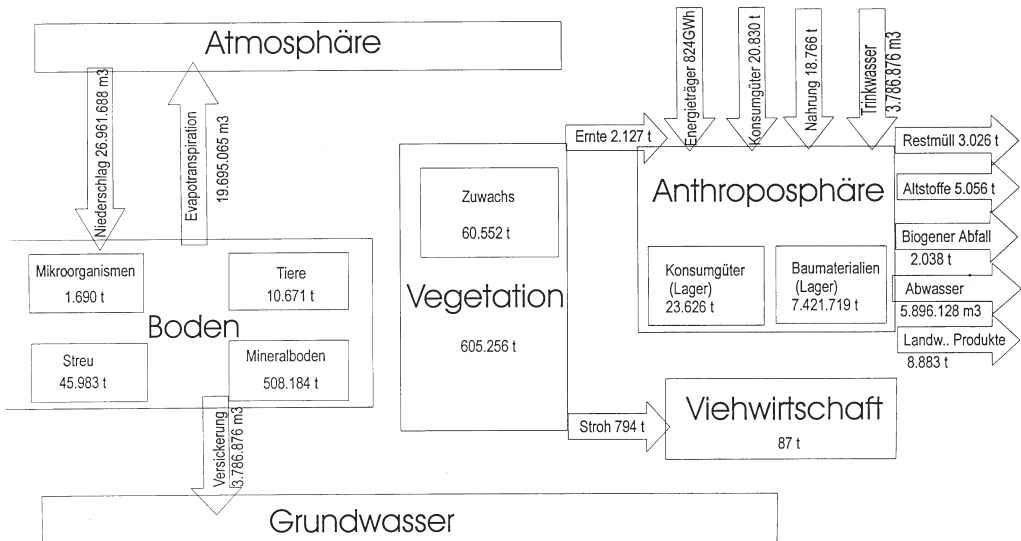


Abb. 9: Güterbilanz Krems 2000

### Ökologischer Fußabdruck, Pro-Kopf-Daten

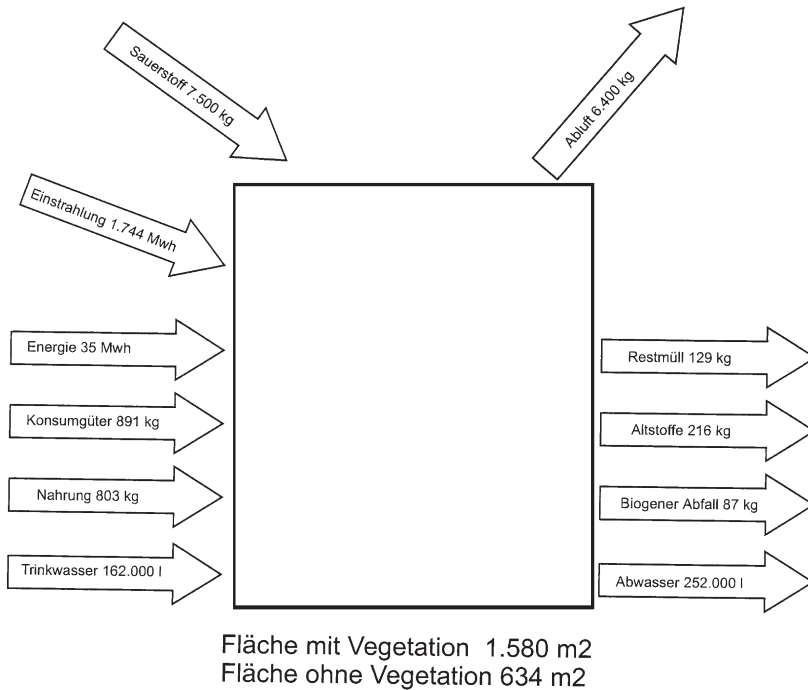
Der ökologische Fußabdruck für das Gemeindegebiet von Krems bei einer Einwohnerzahl von 23.381 für 1999 beträgt 131.635 ha; das entspricht dem 25-fachen der realen Gemeindefläche. Jedem Kremser stehen statistisch derzeit 2.213 m<sup>2</sup> an Fläche zur Verfügung. Zur Erfüllung der Bedürfnisse Nahrung, Wohnen, Energie, Trinkwasser, Kleidung, Transport und Dienstleistungen bräuchte er aber über 56.000 m<sup>2</sup>. Das heißt, auf der Fläche von Krems könnten unter den heutigen Umständen nur 919 Menschen leben. Ohne Verwendung von fossiler Energie würde der Fußabdruck nur das 19-fache der vorhandenen Fläche betragen. Bis 2021 wird für Krems mit einem leichten Bevölkerungsrückgang auf 19.567 Einwohner gerechnet (ÖROK 1994). Umgelegt auf den ökologischen Fußabdruck würde dies eine nur unwesentliche Reduzierung auf 110.162 ha oder das 21-fache ausmachen. Jedem Einwohner von Krems stünde dann eine Fläche von 2.645 m<sup>2</sup> zur Verfügung. Die Zeitreihe 1991 - 2021 mit Bevölkerungsstatistik bzw. Bevölkerungsprognose und dem dazu berechneten ökologischen Fußabdruck bringt Tab. 6. Die Pro-Kopf-Daten (Abb. 10) wurden nach Berechnungen in den vorangehenden Kapiteln zusammengestellt.

Jahr	Basis-szenario	Fußabdruck	Wachstums-szenario	Fußabdruck	Stagnations-szenario	Fußabdruck
1991	22.766	128.173	22.766	128.173	22.766	128.173
1996	22.243	125.228	21.816	122.824	22.243	125.228
2001	21.637	121.816	20.703	116.558	21.522	121.169
2006	21.056	118.545	19.595	110.320	20.779	116.986
2011	20.529	115.578	18.605	104.746	20.039	112.820
2021	19.567	110.162	17.009	95.761	18.672	105.123

Tab. 6: Entwicklung des ökologischen Fußabdruckes laut Prognose ÖROK (1994)

### Diskussion

Das Gemeindegebiet von Krems umfasst 52 km<sup>2</sup>. Von dieser Fläche ist zirka ein Drittel sehr dicht besiedelt, ein Drittel landwirtschaftlich-dörflich geprägt und ein Drittel kein Dauersiedlungsraum (hauptsächlich Wälder). Jedem Kremser stehen ca. 2200 m<sup>2</sup> Fläche zur Verfügung, das heißt, auf einem Quadratkilometer würden 122 Menschen leben, wenn die Siedlungsfläche gleichmäßig über das



**Abb. 10:** Pro-Kopf-Daten zum Energie- und Stoffhaushalt von Krems (vgl. MAIER et al. 1996, PUNZ et al. 1996)

gesamte Siedlungsgebiet verteilt wäre. Die Fläche von 2.200 m<sup>2</sup> pro Person teilt sich theoretisch folgendermaßen auf: 250 m<sup>2</sup> dienen der landwirtschaftliche Produktion, 438 m<sup>2</sup> sind Weingärten; hier sei angemerkt, dass bei einem durchschnittlichen Weinkonsum von 32 l pro Österreicher, was einem Eigenbedarf von 750.000 l entspricht, sich Krems mühelos aus der Jahresernte von 5,9 Mio. l selbst versorgen kann. Jedem Einwohner von Krems stehen statistisch gesehen weiters 70 m<sup>2</sup> Garten und 72 m<sup>2</sup> Erholungsfläche zur Verfügung. Den größten Anteil macht der Wald mit 647 m<sup>2</sup> pro Person aus. Für Bauflächen sind pro Person 223 m<sup>2</sup> veranschlagt, durch Verkehrsflächen werden 120 m<sup>2</sup> beansprucht.

Diese Verteilung verdeutlicht, dass Krems, wenn man das Gebiet innerhalb der Gemeindegrenzen betrachtet, eine sehr grüne Stadt ist. Der Altstadtkern ist zwar dicht verbaut, aber schon die neuen Wohnbezirke sind von Erholungsflächen durchzogen, und die Verdichtung nimmt nach außen hin, zu den Randgemeinden wie Gneixendorf und Rehberg mit Einfamilien- und Reihenhausssiedlungen,

immer mehr ab. Die großen Waldgebiete im Nordwesten und Südosten bilden einen Gegensatz zu den intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten an den Lösshängen, die sich nördlich und westlich der Altstadt erheben, und den großen Ackerflächen im Nordwesten.

Die Tendenz zur Verstädterung und Verdichtung zeigt sich bei einem Vergleich mit der Freistadt Eisenstadt, wo die prozentuelle Aufteilung der Subsystemflächen mit Krems noch annähernd übereinstimmt, die errechnete land- und forstwirtschaftlichen Subsystemfläche pro Person bedingt durch die niedrigere Einwohnerzahl aber viel größer ist. In Eisenstadt ergibt sich ein Pro-Kopf-Anteil an Waldfläche von 1198 m<sup>2</sup>, Ackerfläche von 894 m<sup>2</sup>, Weingartenfläche von 648 m<sup>2</sup>, Wiesenfläche von 166 m<sup>2</sup> und Baufläche von 300 m<sup>2</sup> (JAINDL 2001).

Die ökologisch sensibelsten Bereiche sind neben den Resten natürlicher Vegetation wie Trockenrasen, Schluchtwälder und Feuchtbiotope die Ökotone, Verzahnungsstellen von Äckern, Wiesen, Obstgärten, Weingärten und Brachen, wie das im Bereich Egelsee, Goldberg, Rehberg der Fall ist.

Die gesamte Nettoprimärproduktion beträgt zirka 60.500 t, der relativ größte Anteil wird von den Wäldern produziert: mit 26.087 t jährlicher Nettoprimärproduktion gibt es hier ein großes Potential für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Die zweitgrößte Nettoprimärproduktion weisen mit rund 12.000 t die Ackerflächen auf. Unter der theoretischen Annahme, dass die Produktion auf Acker-, Garten- und Weingartenflächen zur Gänze der menschlichen Ernährung verwendet würde, könnte sich Krems – bei einer benötigten Menge von 12 Reste natürlicher Vegetation wie Trockenrasen, Schluchtwälder und Feuchtbiotope 919 t an pflanzlichen Nahrungsmitteln – sogar selbst versorgen.

Der durch die Sonne eingestrahlt Energie von 41.487 GWh steht ein menschlicher Energieverbrauch von 19.093 GWh gegenüber. Dabei wird der größte Anteil für die Atmung des Menschen eingesetzt; der Anteil für Heizung, Licht- und Prozessenergie macht 824 GWh aus. Der Großteil der benötigten Energie entstammt der Verwendung fossiler Brennstoffe; dadurch gelangen jährlich 87.476 t CO<sub>2</sub>, durch die Emission der PKW 43.478 t CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre (Berechnung nach PAVLICEV 1998).

Stickstoff ist ein bestimmender Faktor der pflanzlichen Produktion, die wiederum die Basis der Nahrungsnetze bildet. In der vorliegenden Arbeit wurden eine N-Bilanz lediglich für das Subsystem „Landwirtschaft“ erstellt. Während jener Stickstoff, der aus dem Boden und Dünger ausgegast wird, durch Windverfrachtung aus dem Untersuchungsgebiet verblasen wird und sich so kaum auf die Bilanz im Untersuchungsgebiet auswirkt, werden viel größere Mengen durch



Deposition (35,42 t) und symbiotische und asymbiotische Fixierung (15,84) aus der Atmosphäre in den Prozess Boden verlagert. Für das Grundwasser bedeutet die Auswaschung von 19,3 t Stickstoff eine zusätzliche, durch anthropogene Maßnahmen hervorgerufene Belastung. Das Lager im Boden erscheint im Vergleich zu anderen Studien (ÖSSA KORNEUBURG 1999) sehr hoch; der Wert erscheint aber verständlich, da Ackerbau und Weinbau einen großen Anteil an den Subsystemflächen haben und diesen, um die Überdüngung zu berücksichtigen Werte von 10.000 kg N/ha zugrundegelegt werden (GEISLER 1998). Insgesamt ist der Stickstoffeintrag in den Boden mit 202,28 t viel größer als der errechnete Austrag durch Auswaschung und die Entnahme durch Ernteprodukte (zusammen 136,51 t); nach dieser Kalkulation würden jährlich 65,77 t Stickstoff im Lager Boden angereichert werden. Der Zuwachs an Stickstoff im Lager Biomasse beträgt 24,36 t, das sind ungefähr 10% der gesamten Biomasse. Dieser relativ niedrige Wert lässt sich daraus erklären, dass nur die landwirtschaftliche Stickstoffbilanz berücksichtigt wurde: hier kann der Stickstoff als kritisches Element angesehen werden (WACKERNAGEL 1997). In den landwirtschaftlichen Subsystemen wird ein Großteil des jährlichen Zuwachses (91,5 t also fast die Hälfte) als Ernte entnommen; 61,73 t gehen als Bestandesabfall und Wurzelabscheidungen wieder zurück in den Boden.

Aus der Wasserbilanz ist ersichtlich, dass in Krems jährlich mehr als 10.000.000 m<sup>3</sup> Wasser für Trinkwasser, Industrieprozesswasser und landwirtschaftliche Bewässerung entnommen werden. Demgegenüber ist festzuhalten, dass es im Bereich der Gemeindefläche zu keiner selbständigen Neubildung von Grundwasser kommen kann. Die Wasserversorgung ist durch das stetige Nachströmen des Grundwassers von der Donau in die Schotterkörper unter der Stadt (KASPEROWSKI 1985) gesichert, sofern nicht die Sohleabdichtung durch die Zunahme der Schlamm sedimentation im Gefolge der Errichtung des Wasserkraftwerkes Altenwörth eine Verringerung des Grundwassernachschubes bewirkt. Die anthropogen bedingte Versickerung (Eigenverbrauch des Wasserwerkes und Wasserverluste aus Wasserleitungen 1.031.164 m<sup>3</sup>) weist fast eben so hohe Werte wie der Trinkwasserverbrauch (1.273.744 m<sup>3</sup>) auf, wobei dieses Wasser immerhin dem Grundwasser zugeführt wird, wohingegen das verbrauchte Trinkwasser im Kanal landet.

Aus der Darstellung der Güterbilanz geht hervor, dass Krems 39.596 t an Konsumgütern und Nahrung importiert und 10.120 t Abfall exportiert. Von der importierten Gütermenge entfallen laut Berechnungen des Abfallwirtschaftamtes und eigenen Berechnungen (s. KÖLLERSBERGER 2001) durchschnittlich 2.500 t,

also ein Viertel, auf Verpackungsmaterial, bestehend aus Kartonagen, Kunststoffen und Metallen.

Wie bereits erwähnt, könnte sich Krems durch die Produktivität der Subsysteme Ackerflächen (583 ha), Gärten (126 ha) und Weingärten (1.021 ha) annähernd selbst versorgen. Mit den derzeitigen Produktionsmethoden werden auf diesen Flächen insgesamt 16.827 t Ernteprodukte erzielt (dabei sind aber auch Futtermittel und Weintrauben enthalten, die nicht zum direkten Verzehr durch den Menschen bestimmt sind). Dieser Wert setzt sich aus den 2.921 t Feldfrüchten, 5.477 t Obst und 8.429 t Weintrauben zusammen; dazu kommt noch ein Gesamtgewicht des Viehbestandes von 87 t. Dieser Wert bezieht sich auf das Lebendgewicht der 60 Kühe, 321 Schweine, 27 Schafe und Ziegen und der 1.540 Stück Geflügel. Da nicht der gesamte Tierkörper verwertet wird, ist der Nahrungsanteil entscheidend geringer. Die gesamte Menge an benötigten Nahrungsmitteln für die Einwohner von Krems beträgt 18.766 t: es würden demnach nur zwei Tonnen zur selbständigen Ernährung fehlen. Realiter (vgl. die tabellarischen Darstellungen bei KÖLLERSBERGER 2001) ist die Versorgung von Krems bei sehr vielen pflanzlichen Grundnahrungsmitteln und bei allen tierischen Produkten wie Fleisch, Eier, Milch und Milchprodukten von einer Versorgung aus dem Umland abhängig; dafür profitiert man vom Verkauf der bekanntesten Exportartikel Wein und Obst, aber auch Gerste, Hafer und Mais, die hauptsächlich als Viehfutter Verwendung finden. Im Interesse einer Schließung der landwirtschaftlichen Kreisläufe sollte eigentlich wieder vermehrt auf Eigenversorgung mit tierischen Nahrungsmitteln gesetzt werden. Auch die Konsumenten können, durch bewusste Kaufentscheidungen für Produkte aus der Region, z.B. beim Einkaufen am Bauernmarkt, Bemühungen in diese Richtung fördern und dabei auch unnötige Verpackung und Transportkosten vermeiden.

Die Berechnung der ökologisch relevanten Pro-Kopf-Daten im Modell „Wien“ ermöglicht einen Vergleich mit anderen Städten, egal welcher Größe und Bevölkerungszahl. Krems bietet seinen Bewohnern ökologisch gesehen noch immer sehr viel. Auf jeden Bewohner kommen 1.580 m<sup>2</sup> Vegetationsfläche und nur 634 m<sup>2</sup> versiegelte Fläche; in Wien stehen den Bewohnern dagegen nur 168 m<sup>2</sup> Fläche mit Vegetation und 81 m<sup>2</sup> Fläche ohne Vegetation zur Verfügung (PUNZ et al. 1996). Die Gesamtfläche pro Person mit 0,22 ha steht aber in krassem Gegensatz zum ökologischen Fußabdruck von 5,63 ha pro Person und sollte zu denken geben, wo Flächenbedarf eingespart werden kann. Rund 35 MWh Energie verbraucht, statistisch gesehen, jeder Einwohner von Krems jährlich. In Wien sind das 30 MWh. Die gesamte, natürlich eingestrahlte Energie beträgt 1.774 MWh

und wird momentan in Krems nur durch einige wenige private Solar-Warmwasseraufbereitungsanlagen genützt. Die Entnahme von Grundwasser beläuft sich auf 1.620.00 l pro Person (Industriebrunnen, die ja auch Grundwasser entnehmen, nicht mitgerechnet). Der effektive Trinkwasserverbrauch macht mit ungefähr 40% 54.672 l aus, ein Wiener verbraucht 97.000 l Trinkwasser. Die Abwassermenge beträgt 252.000 l pro Person, in Wien 127.000 l. Eisenstadt ist mit einem Wert von 218.950 l pro Person (JAINDL 2001) mit Krems vergleichbar. Die Differenz zwischen Abwasser und Trinkwasser ist durch Regenwasserablauf und Industrieabwässer zu erklären. Die Ernährungssituation ist in Krems trotz der hohen pflanzlichen Biomasse (25.887 kg) pro Person unzureichend. 90 kg Ernte aus Feldfrüchten (exkl. Stroh), bei einer Gesamtmenge an landwirtschaftlichen Produkten von 380 kg, stehen einem Nahrungsbedarf von 803 kg pro Person gegenüber. Das Lager Gebrauchsgüter (1.010 kg) wird durch den Verbrauch an Konsumgütern (890 kg) ergänzt. Von der gesamten Abfallmenge von 487 kg pro Einwohner von Krems werden 263 kg als Restmüll, Grünschnitt und biogener Abfall deponiert und teilweise kompostiert und der Altstoffanteil von ebenfalls 222 kg der Weiterverwertung zugeführt; das ist mit Eisenstadt (487 kg) vergleichbar und wesentlich weniger als in Wien (760 kg) pro Kopf: ein guter Wert. Der ökologische Fußabdruck von Krems beträgt derzeit 13.1635 ha, das ist etwa das 25-fache der tatsächlichen Gemeindefläche von 5175 ha.

## Literatur

- AIGNER, B. (2000): Ökologische Charakteristik der Marktgemeinde Bisamberg. Diplomarbeit Univ. Wien
- ARBEITSKREIS ZUM SCHUTZ DER WACHAU (1995): Die Wachau – Perspektiven einer europäischen Flußlandschaft : Altmann J.: Wein- und Obstbau. Malek Verlag, Krems
- BACCINI, P., DAXBECK, H., GLENCK, E. & HENSELER, G. (1993): Metapolis. Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt. Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaft, Zürich
- BACCINI, P. & BADER, H. (1996): Regionaler Stoffhaushalt – Erfassung, Bewertung und Steuerung. Spektrum Verlag, Heidelberg
- BRENNER, W. (1995): Das Klima von Krems. In: Naturschätze und Naturreste im Raum Krems. LANIUS, Krems
- BRUNNER, P. H. (red.) (1994): Die Stoffflußanalyse als Instrument für eine nachhaltige Entwicklung, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien. Im Auftrag Wiener Zukunftskonferenz
- DÖRFLINGER, A. N., HIETZ, P., MAIER, R., PUNZ, W. & FUSSENEGGER, K. (1995): Ökosystem Großstadt Wien: Quantifizierung ökologischer Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Vegetation. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung und der Stadt Wien - MA 22 [200pp + Karten]

192 MARTINA GRUBER-KÖLLERSBERGER, RUDOLF MAIER & WOLFGANG PUNZ

- ELLENBERG, H. (1982): Vegetation Mitteleuropas und der Alpen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- FINK, J. (1976): Exkursion durch den Österreichischen Teil des Alpenvorlandes und den Donaauraum zwischen Krems und der Wiener Pforte. - Mitt. d. Komm. F. Quartärforschung der Österr. Akad. D. Wiss., Bd. 1, 81-93, Wien
- GARGER, U. (1989): Bodeneigenschaften und ihre landwirtschaftliche Bedeutung im Bereich Krems. Diplomarbeit Univ. Bodenkultur
- GEISLER, A. (1998): Quantifizierung und ökologische Bewertung des Stickstoffhaushaltes von Wien, Diplomarbeit Universität Wien
- GÖTZ, B. (1997): Stoffbilanzierung in der Landwirtschaft, Umweltbundesamt, Wien
- HAYDN, M. (2002): Ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse der Gemeinde Hainfeld. Diplomarbeit Univ. Wien
- HOLZNER, W. (red) (1994): Biotoptypen in Österreich – Vorarbeiten zu einem Katalog, Umweltbundesamt, Wien
- JAINDL, M. (2001): Ökosystemare Struktur- und Stoffflußanalyse der Landeshauptstadt Freistadt Eisenstadt, Diplomarbeit Univ. Wien
- KARNER, M. (1991): Die Stadterweiterung von Krems. Diplomarbeit Univ. Wien
- KASPEROWSKI, E. (1985): Landschaftsökologische Planung für die Stadtgemeinde Krems. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, Wien
- KÖLLERSBERGER, M. (2001): Ökosystemare Struktur- und Stoffflußanalyse der Stadt Krems. Diplomarbeit Univ. Wien
- KREMSER ABFALLWIRTSCHAFTSAMT (1999): Statistik zur Kremser Abfallwirtschaft 1999. AWA Eigenverlag.
- LANIUS (1995): Naturschätze und Naturreste im Raum Krems. Verein LANIUS (Hg.), Krems
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- MAIER, R., PUNZ, W., DÖRFLINGER, A.N., HIETZ, P., BRANDLHOFER, M. & FUSSENEGGER, K. (1996): Ökosystem Wien - Die Subsysteme und deren Vegetationsstruktur. Verh. Zool.-Bot. Ges. 133: 1-26
- MAIER, R., GEISLER, A., AIGNER, B., EISINGER, K., GÖD, U. & PUNZ, W. (1997): Die Dynamik der Urbanen Agglomeration als Determinante der Kulturlandschaftsentwicklung. Ökosystemare Struktur- und Stoffflußanalyse der Marktgemeinde Bisamberg. Abschlußbericht SU2 SM1 PPI. Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien. Im Auftrag BMWV BKA BMU Wien
- NÖGRR 1997 = NIEDERÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR REGIONALFORSCHUNG UND REGIONALPLANUNG (1997): Landesübersicht Niederösterreich in Karten. Verlag Dr. Franz ZWITTKOVITS
- ÖROK 1994 = ÖSTERREICHISCHE RAUMORDNUNGSKONFERENZ (1994): Bevölkerungsprognosen für Österreich 1991 bis 2021
- ÖSTAT 1991 = ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (1991): Volkszählung: Bevölkerungszählung und Wanderungsbilanz, Wien
- ÖSTAT 1995a = ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (1995a): Agrarstrukturerhebung, Besitzverhältnisse, Frucht- und Kulturarten, Wien
- ÖSTAT 1995b = ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (1995b): Durchschnittlicher Lebensmittelverbrauch pro Kopf und Jahr 1988/89 - 1993/94, Statistische Nachrichten, Wien
- ÖSTAT 1995c = ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT (1995c): Häuser- und Wohnungszählung, Wien
- PAVLICEV, M. (1998): Ökosystemare Stoffflußanalyse der Stadt Ptuj im Nordosten Sloweniens, Diplomarbeit Univ. Wien
- PAVLICEV, M., PUNZ, W. & MAIER, R. (2000): Ökosystemare Stoffflußanalyse der Stadt Ptuj (SLO). Verh. Zool.-Bot.Ges. 137: 265-283
- PICHLER, R. (1999): Ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse der Marktgemeinde Persenbeug-Gottdorf. Diplomarbeit Univ. Wien
- PUNZ, W., MAIER, R., HIETZ, P. & DÖRFLINGER, A. N. (1996): Der Energie- und Stoffhaushalt Wiens. Verh. Zool.-Bot. Ges. 133: 27-39

- ÖSSA KORNEUBURG 1999: Ökosystemare Struktur- und Stoffflussanalyse für den Bezirk. Projektstudie am Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien
- ROZANEK, R. (1996): Die Mauerpflanzen der Stadt Krems, Diplomarbeit Univ. Wien
- SOHM, J. (1995): Geologie von Krems. In: Naturschätze und Naturreste im Raum Krems. LANIUS, Krems.
- SPENLING, N. & ZIMPRICH, H. (1981): Die Veränderungen der Flora im Raume von Krems an der Donau während der letzten 100 Jahre – ein Vergleich. Verh. Zool.-Bot. Ges. 120: 51-71
- SPINDELBERGER, A. (1999): Einreichprojekt für die Tropfbewässerungsanlage in Arnsdorf. Wasserwirtschaftsbehörde des Landes Niederösterreich
- SUKOPP, H. & WITTIG, R. (1993): Stadtökologie. Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart
- WACKERNAGEL, M. & REES, W. (1997): Unser ökologischer Fußabdruck, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin
- WASSERWERK KREMS, 1998: Wasser ist Leben. 100 Jahre Stadtwerke Krems, Eigenverlag
- WURZER, R. (1978): Flächenwidmungsplan Krems. Erläuterungsbericht und Vorentwurf
- ZIEHMAYER, D., MAIER, R. & PUNZ, W. (2002): Ökologische Bilanzierung der Gemeinde Altenberg bei Linz auf Basis von Energie, Kohlenstoff und Stickstoff im historischen und aktuellen Vergleich. Verh.Zool.-Bot. Ges. 139: 97-108

Anschrift der Autoren:

Mag. Martina GRUBER-KÖLLERSBERGER  
Ao Univ.Prof. Dr. Rudolf MAIER  
Ass.Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ

Institut für Ökologie und Naturschutz  
Universität Wien  
Althanstrasse 14  
1090 Wien

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum](#)

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Gruber-Köllersberger Martin, Maier Rudolf, Punz Wolfgang

Artikel/Article: [Ökologisches Profil der Stadt Krems an Hand einer Strukturanalyse und ausgewählten Stoffflüssen. \(N.F. 445\) 157-193](#)