

Ökologische Bilanzierung der Gemeinde Altenberg bei Linz auf Basis von Energie, Kohlenstoff und Stickstoff im historischen und aktuellen Vergleich

Daniela ZIEHMAYER, Rudolf MAIER und Wolfgang PUNZ

Die Untersuchung der Gemeinde Altenberg bei Linz mittels der ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse (ÖSSA) im Vergleich 1831 und 1998 ergab bei einem Anstieg der Bevölkerung auf 220% einen Rückgang des Waldes zugunsten von landwirtschaftlichen Nutzflächen (Äcker, Wiesen).

Der anthropogene Energiekonsum ist in diesem Zeitraum um das 34fache, der Pro-Kopf-Energieeinsatz von 1,1 MWh/a auf 15,7 MWh/a gestiegen, liegt jedoch noch immer zwei Zehnerpotenzen tiefer als die natürlichen Energieflüsse.

Die anthropogen bedingte Freisetzung von CO₂ betrug vor 170 Jahren 847 (mit Nutztieren 5.019) t, heute 17.777 (inklusive Nutztiere 30.833) t. Dennoch bindet die vorhandene Vegetation auf dem Gemeindegebiet weitaus mehr CO₂ (88.073 t/a) als CO₂ insgesamt – natürlich und anthropogen – freigesetzt wird (33.003 t/a). Die CO₂-Bilanz mit –55.070 t (gegenüber –67.085 t im Jahr 1831) ergibt, dass Altenberg nach wie vor eine CO₂-„Senke“ darstellt.

Die anthropogene Stickstoffzufuhr auf landwirtschaftlichen Nutzflächen ist seit 1831 etwa auf das 6fache angewachsen und führte zu einem Stickstoffüberschuss im System.

ZIEHMAYER D., MAIER R. and PUNZ W., 2002: Ecosystem-based energy, carbon dioxide and nitrogen balance of the rural village Altenberg near Linz/Austria comparing historical and present data.

The rural community Altenberg near Linz (Austria) was investigated by means of the ÖSSA, a synoptical method combining ecosystem-based structural analysis with calculations of natural and anthropogenic fluxes.

The human population increased from 1831 to 1998 by 220%. Forests decreased while agricultural acreage increased.

Anthropogenic energy consumption multiplied by a factor of 34. This means an increase of per-capita energy consum from 1.1 MWh/a to 15.7 MWh/a; this value is still exceeded about one hundred times by the natural energy input by solar radiation. The anthropogenic release of CO₂ increased from 847 t (5019 t including cattle) up to 17777 t (30833 t) today. The vegetation cover of the community area is able to fix an amount of 88,073 t CO₂/a compared with a total CO₂-release of 33003 t/a. The balance (55070 today versus 67085 in 1831) shows that Altenberg is still a sink for CO₂.

The anthropogenic nitrogen import to agricultural areas has increased six-fold since 1831 providing a considerable excess of nitrogen in the ecosystem.

Keywords: ecosystem analysis, Altenberg, Austria, energy balance, carbon balance, nitrogen balance.

Einleitung

Seit rund 200 Jahren zeigt die Anthroposphäre ein exponentielles Wachstum an Energie- und Materialumsatz. Erst eine Kombination aus neuer Gesellschaftspolitik, neuer Wirtschafts- und Bildungspolitik und technischen Innovationen ermöglicht es den Menschen, sich aus Abhängigkeiten der regionalen Beschränkungen zu lösen und aktiv in den globalen Energie- und Stoffhaushalt einzugreifen. (BACCINI et al. 1993, BACCINI und BADER 1996). Damit beeinflusst und beschleunigt er die ursprünglich regional im Trophiestufen-Kreislauf (Pflanze, Tier/Mensch, Mikroorganismen) verschalteten Stoffe und Güter und zwingt sie durch die weltweite Auslenkung in die regionale Linearität.

Ziel der vorliegenden Analyse ist es, die Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt der Gemeinde Altenberg bei Linz anhand der Darstellung von ausgewählten Teilen des Energie-, Kohlenstoff- und Stickstoffkreislaufes zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten – 1831 sowie 1998 – darzustellen. Parallel dazu werden die Rahmenbedingungen Flächen-, Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur untersucht und mit den Ergebnissen der Stoffflussanalyse verknüpft.

Untersuchungsgebiet

Das Gemeindegebiet Altenberg bei Linz liegt auf einem Ausläufer des Mühlviertler Hochlandes gegen das Linzer Becken. Nach Osten fällt die Hochfläche zum Gallneukirchner Becken, nach Westen zum Haselgraben und im Süden zum Linzer Becken steil ab. Die Gemeinde selbst besteht aus den drei Katastralgemeinden Altenberg, Katzgraben und Oberbairing, die sich zwischen 300–800 m Seehöhe befinden. Somit hat Altenberg sowohl Anteil an der submontanen als auch an der montanen Höhenstufe.

Das Altenberger Gemeindegebiet ist den Linzer Randbergen und damit der Böhmisches Masse zuzuordnen. Bestandsbildend sind hier vor allem Granite und Gneise, welche zu lehmigen Sandböden mit unterschiedlichem Stein- und Grusgehalt verwittern. Hauptsächlicher Bodentyp ist silikathältige Braunerde; an den Südhängen sind häufig trockene Sandböden anzutreffen. Bedingt durch diesen geologischen Aufbau sind keine reichhaltigen Wasservorkommen vorhanden und mit rund 800–900 mm Niederschlag pro Jahr ist die Neubildung von Quell- und Grundwasser limitiert. (GEMEINDEAMT ALTENBERG BEI LINZ 1995).

Bis in die Mitte der 50er Jahre war Altenberg ein landwirtschaftlich-bäuerlich geprägter Ort mit einer annähernd konstanten Einwohnerzahl von 1.700 Personen; der Anteil der in der Landwirtschaft Beschäftigten betrug rund 75% (GEMEINDEAMT ALTENBERG BEI LINZ, 1999).

Heute fällt die Gemeinde in die Kategorie der Großstadt-Umgebungsregionen und zählt rund 4.000 Einwohner; 12,3% der erwerbstätigen Bevölkerung sind in der Land- und Forstwirtschaft, 30% in der Industrie und 57,2% im Dienstleistungssektor beschäftigt (ÖSTAT 1994).

Methodik

Für die Darstellung der Energie-, Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz wurde die Methode der „Ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse“ nach MAIER et al. (1997) angewendet. Kernpunkt dieser Methode ist eine Gegenüberstellung der ein- und ausgebrachten Energie und Stoffe in Verbindung mit einer räumlichen Strukturanalyse des Untersuchungsgebietes.

Die Bilanzen müssen auf eine räumliche und zeitliche Einheit bezogen werden, um eine Eindeutigkeit der Darstellung sowie eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. (PUNZ et al. 1996, SUKOPP und WITTIG 1998). Die Gemeinde Altenberg bei Linz wurde daher in einer ersten Bewertung in unterschiedliche nutzungsspezifische Subsysteme auf Basis des Katasters (Franziseischer Kataster – aktueller Kataster) zusammengefasst. In einem nächsten Schritt wurde eine quantitative und qualitative Analyse ausgewählter Prozesse und Güter, welche für Input und Output von Kohlenstoff und Stickstoff

verantwortlich sind, durchgeführt. Die Berechnungen wurden unter Zuhilfenahme von Aggregationsmodellen (Näheres bei ZIEHMAYER 2000) durchgeführt; dabei wurden die unterschiedlichen Pools (Prozesse) mit ihrem Input und Output unter Verwendung von vorhandenem statistischen Datenmaterial und Literaturdaten für den jeweiligen Zeitschnitt ermittelt und auf das entsprechende Flächenausmaß des Subsystems bezogen.

Parallel dazu wurde die zeitliche Entwicklung der Flächen-, Bevölkerungs- und Siedlungsstruktur auf Basis statistischer Daten sowie der Flächenausweise untersucht. Detaillierte Angaben zur Methodik samt tabellarischer Berechnung sind bei ZIEHMAYER (2000) zu finden.

Strukturanalyse: Die Daten, auf welche sich die historische Stoffflussanalyse stützt, sind vorwiegend dem „Franziszeischen Kataster“ entnommen. Dort finden sich die vermessenen Grundparzellen der einzelnen steuerpflichtigen Gemeinden und zusätzlich ein Fragenkatalog (rund 80 Fragen bezüglich der wirtschaftlichen Gegebenheiten der Gemeinde), den eine Kommission in jeder Katastralgemeinde zu bearbeiten hatte; dieser Fragenkatalog war einer der Grundlagen zur Festlegung der damaligen Steuer- und Abgabepflichten. Die Vermessungen in Oberösterreich erfolgten in den Jahren 1824 – 1829, der Fragekatalog der Katastralgemeinden Altenberg, Oberbairing und Katzgraben wurde 1831 erstellt bzw. fertiggestellt (FRANZISZEISCHER KATASTER 1831a,b,c).

Diese Protokolle liegen nur handschriftlich vor und unterliegen auf Grund ihres Alters besonderen Benutzungsbedingungen; sie dürfen unter anderem nicht kopiert werden. Um eine genaue Aufarbeitung des Datenmaterials zu gewährleisten, wurde ein Fotosatz der Aufzeichnungen angefertigt, dieser eingescannt und schließlich transkribiert.

Die aktuellen Daten stammen einerseits aus statistischen Erhebungen, Angaben zu Flächenenerhebungen und chemischen Messungen sowie aus Literaturdaten. Für die Stoffflussanalyse wurden bevorzugt, soweit vorhanden, Daten für das Jahr 1998 verwendet; falls kein derartiges Zahlenmaterial vorlag, wurde auf ältere Daten zurückgegriffen.

Zu berücksichtigen ist, dass sich die Flächenverhältnisse der drei Katastralgemeinden Altenberg, Katzgraben und Oberbairing im Vergleich 1831 zu 1998 verändert haben; die heutige Gemeinde Altenberg ist mit 3.616,67 ha um etwa 20% kleiner als im Jahr 1831 (4.535 ha).

Energiebilanz: Die Gesamtenergiebilanz des Systems Altenberg bei Linz ergibt sich aus der natürlichen Energiebilanz des Ökosystems sowie der anthropogen zugeführten Energie. Sie ergibt sich somit aus den „natürlichen“ Komponenten Strahlungsbilanz (kurzwellige Einstrahlung minus Reflexion minus langwellige Ausstrahlung; nach LARCHER 1984, PUNZ et al. 1996), Energie der Nettoprimärproduktion (vgl. Kap. CO₂-Bilanz; angenommener durchschnittlicher Energiegehalt: 5,23 MWh/t; LARCHER 1984), aus menschlichem und tierischem Energieumsatz (durchschnittliche Ruheumsatzzahlen nach PENZLIN 1996 multipliziert mit Personen/Viehzahl), Evapotranspiration (aktuelle Evapotranspiration 0,62 t/m² x Fläche x Verdunstungsenergie 688,89 kWh/t), Konvektion (ergibt sich aus der Gesamtbilanz) sowie der anthropogen zugeführten Energie (Details s. ZIEHMAYER 2000). Letztere errechnet sich aus dem Energieverbrauch der Sektoren Haushalt, Gewerbe/Industrie und Verkehr. Für den Sektor Haushalt wurde der durchschnittliche Energieverbrauch eines österreichischen Haushalts mit 18.300 kWh pro Jahr angenommen (BMUJF 1995). Für die Berechnung des Energieeinsatzes von Gewerbe und Industrie erfolgte eine Zuordnung eines branchenspezifischen Endenergieeinsatzes und Emissionsfaktors pro Beschäftigtem (BMUJF 1995), welche in einem

nächsten Schritt auf die Beschäftigungszahlen des jeweiligen Gewerbes bezogen wird (ausführlich bei ZIEHMAYER 2000). Dem Sektor Verkehr liegt die Annahme zugrunde, dass im Bezirk Urfahr-Umgebung auf 1.7 Einwohner 1 Pkw kommt (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG 1991); der durchschnittliche Energieverbrauch eines Pkw wird mit 10.000 kWh angesetzt (BMUJF 1995). Für die landwirtschaftlichen Nutzfahrzeuge (2 pro Hof = 388) wird der eineinhalbfache Energieverbrauch eines Pkw angenommen (GEMEINDEAMT ALTENBERG BEI LINZ 1995, BMUJF 1995).

CO₂-Bilanz: Für die Erstellung der CO₂-Bilanz wurde die CO₂-Abgabe durch Respiration der Mikroorganismen, Bodentiere, Nutztiere und der menschlichen Bevölkerung, sowie durch Emissionen aus Haushalten, Industrie und Gewerbe einerseits der pflanzlichen CO₂-Aufnahme andererseits gegenübergestellt. Für die Berechnung der CO₂-Menge, die von den Mikro- und Bodenorganismen abgegeben wird, wurde deren C-Gehalt (BICK 1998: ca. 40%) mit dem Verhältnis des Molekulargewichtes von CO₂:C (44:12) multipliziert. Für die menschliche Atmungsaktivität geben BACCINI et al. (1993) einen Wert von 498,08 kg CO₂ pro Kopf und Jahr an. Die CO₂-Produktion der Nutztiere erfolgte auf Basis der Pro-Kopf-O₂-Verbrauchswerte nach KELLER (1973), genauer Berechnungsansatz bei DÖRFLINGER et al. (1995). Die CO₂-Abgaben von Haushalt, Gewerbe und Industrie sowie Verkehr wurden mittels spezifischer Emissionsfaktoren berechnet (BMUJF 1995). Die CO₂-Fixierung, also die C-Aufnahme der Pflanzen, wurde über die Nettoprimärproduktion kalkuliert (Datengrundlage bei MAIER et al. 1997, ausführliche tabellarische Darstellungen in ZIEHMAYER 2000).

Stickstoffbilanz: Die Erstellung der Stickstoffbilanz beschränkt sich auf den Stickstoffkreislauf in der Landwirtschaft, da sich hier die größten quantitativen Veränderungen (wie z. B. der Einsatz von Mineraldünger) ergeben haben (vgl. auch GAUBE 2002). Für diesen Bereich waren auch die genauesten historischen Daten verfügbar und somit eine Vergleichsmöglichkeit mit der aktuellen Situation gegeben. Für die Ermittlung der Bilanz wurden die nachfolgend beschriebenen Input- und Output-Größen berücksichtigt:

Düngung: Für die Berechnung der Stickstoffmenge, die durch Mineraldüngung in das System gelangt, wurde die Anbaufläche der einzelnen Kultursorten (ÖSTAT 1997) mit den jeweiligen Düngeempfehlungen (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1996) für Böden mit mittlerem Ertrag multipliziert (detaillierte tabellarische Übersicht bei ZIEHMAYER 2000). Die Berechnung des Wirtschaftsdüngeranfalls erfolgte auf Basis von Großvieheinheiten (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1996) sowie dem jeweiligen durchschnittlichen Wirtschaftsdüngeranfall pro Großvieheinheit entsprechend 60 kg feldfallendem Stickstoff pro Jahr (MAIER et al. 1997, GEISLER 1998).

Stickstofffixierung: Für die Berechnung wurden den unterschiedlichen landwirtschaftlichen Subsystemen entsprechende Werte der Stickstofffixierung zwischen 10–80 kg/ha zugewiesen. (GÖTZ und ZETHNER 1996).

Deposition aus der Luft: Die Kalkulation erfolgte nach MAIER et al. (1997), welche für ein historisches Ökosystem einen atmosphärischen Stickstoffeintrag von 5 kg/ha annehmen sowie nach GÖTZ und ZETHNER (1996), die für ein aktuelles System einen durchschnittlichen Stickstoffeintrag von 20 kg/ha ermittelten.

Export durch Erntegut: Die Stickstoffmengen, die dem System durch Ernte entzogen werden, wurden sowohl mittels Hochrechnung der durchschnittlichen Stickstoffgehalte der einzelnen Kultursorten als auch durch Zuordnung von spezifischen Stickstoff-Ent-

zugskoeffizienten auf die einzelnen Subsysteme ermittelt. (GÖTZ und ZETHNER 1996, ÖSTAT 1997, detaillierte tabellarische Übersicht bei ZIEHMAYER 2000).

Ammoniakverflüchtigung: Diese errechnet sich nach BRAUN et al. (1994) aus der Ammoniakverflüchtigung pro Individuum der unterschiedlichen Nutztierarten, hochgerechnet auf den Gesamttierbestand sowie dem natürlichen NH_3 -Verlust des Bodens (0,2 kg N/a).

Denitrifikationsverluste: Nach GÖTZ und ZETHNER (1996) liegen diese bei 5 kg Stickstoff/ha landwirtschaftlicher Nutzfläche, Wirtschaftsdünger verlieren durch Denitrifikation nach den gleichen Autoren 20% des Gesamtstickstoffgehaltes des Düngers.

Auswaschung: Sie wurde nach GÖTZ und ZETHNER (1996) durch Multiplikation der landwirtschaftlichen Fläche mit dem Mittelwert der jährlichen Auswaschung durch den Sickerwasserstrom (51,76 kg N/ha) berechnet.

Oberflächenabschwemmung: Von PRASUHN und BRAUN (1994) werden nutzungsspezifische Verlustkoeffizienten (Äcker: 0,1 kg N/ha, Wiesen: 0,4) angegeben, die mit den jeweiligen landwirtschaftlichen Subsystemen verknüpft werden.

Natürliche und anthropogene Erosion: Dabei handelt es sich im Unterschied zur Oberflächenabschwemmung, durch welche gelöste Nährstoffe in Gewässer transportiert werden, um Bodenmaterialverluste. Die Berechnung erfolgte analog zu PRASUHN und BRAUN (1994), die für die natürliche Erosion Werte zwischen 0,3 (Grün- und Ackerland) und 2,5 (Weiden) kg N/ha.a, und für die anthropogene Erosion Werte zwischen 0,2 (Kunstwiesen) und 1,2 (Grün- und Ackerland) kg N/ha.a angeben.

Ergebnisse

Strukturanalyse

Im Zeitraum 1831 – 1998 kam es in Altenberg bei Linz zu einem Bevölkerungsanstieg von rund 220%. Die ursprüngliche Einwohneranzahl von ca. 1.700 wuchs auf etwa 4.000, wobei dieses Wachstum aber erst ab der Mitte des 20. Jahrhunderts einsetzte. Ein Ende dieses Anstiegs ist zur Zeit nicht absehbar. Waren 1950 noch rund 75% der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig, so sind es heute nur mehr rund 12%; die verbleibende Bevölkerung ist im Industrie- und Gewerbesektor tätig oder pendelt (75% der Erwerbstätigen) täglich zu ihrer Arbeitsstätte in den Großraum Linz.

Das Straßennetz hat sich in den letzten 40 Jahren nahezu verdoppelt; im Zusammenhang damit steht die verstärkte Zersiedlung des Raumes (die Anzahl der Häuser stieg im Untersuchungszeitraum von 294 auf 1.156) und der forcierte Einsatz von landwirtschaftlichen Maschinen (ausführlicher hierzu ZIEHMAYER 2000).

Diese Entwicklungen konnten nur durch eine Umstrukturierung des Kulturräumens erreicht werden, die sich einerseits in der Bereitstellung von Flächen für den Straßenbau, andererseits aber auch in der Erleichterung der maschinellen Bewirtschaftung durch Homogenisierung von Flächen manifestiert. Demgegenüber steht ein Verlust von kleinräumigen kulturlandschaftlichen Elementen. Vor allem unwirtschaftliche Kleinräume wie Ackerraine, Hutweiden und Böschungen wurden aufgegeben.

Vergleicht man die Flächenstruktur Altenbergs von 1831 und 1998 (Abb. 1), so zeigt sich, dass sich im Bereich Land- und Forstwirtschaft Verschiebungen zugunsten von landwirtschaftlichen Flächen ergeben haben. 1831 wurden etwa 59% der Gesamtge-

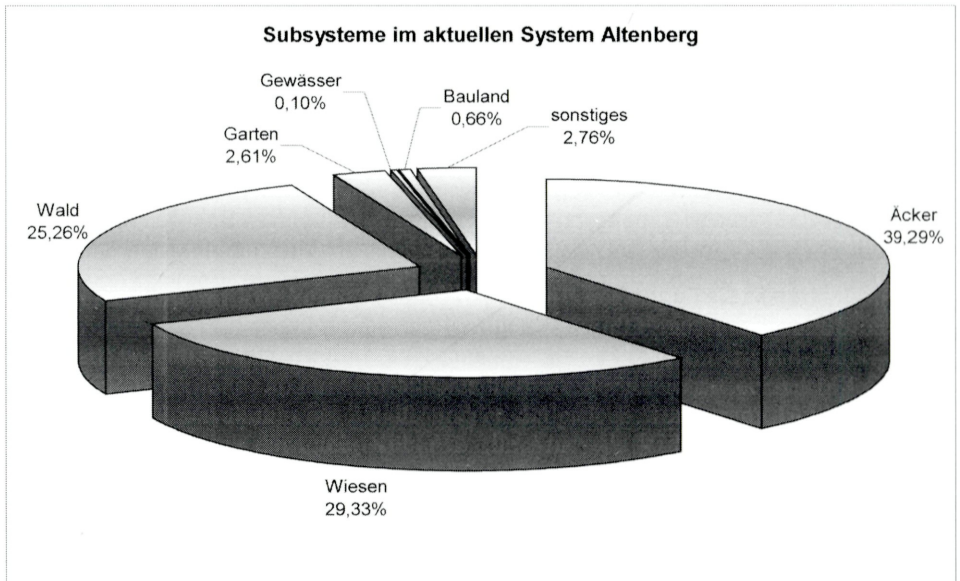
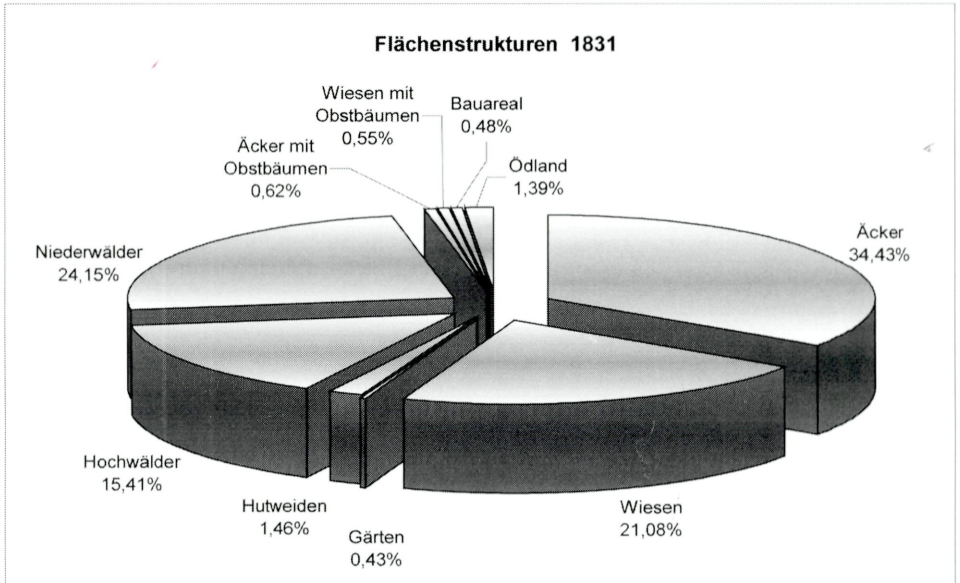


Abb. 1: Flächenstrukturen der Gemeinde Altenberg bei Linz 1831 (oben) und 1998 (unten). – Subsystem structure of the rural village Altenberg near Linz, Austria, 1831 (top) and 1998 (bottom).

meindefläche landwirtschaftlich genutzt, wobei rund 36% auf Äcker (inklusive Äcker mit Obstbäumen und Gärten) und 23% auf Wiesen (inklusive Wiesen mit Obstbäumen und Hutweiden) entfielen. Knapp 170 Jahre später sind 71% der Flächen als landwirtschaftlicher Nutzfläche ausgewiesen – mit einem Acker- und Gartenanteil von 42% und einer Wiesenutzung von 29%.

Diese Zunahme geht auf Kosten der Waldflächen: 1831 waren 24% der Gemeindefläche von Niederwäldern und rund 15% von Hochwäldern bedeckt, gegenwärtig sind 25% der Fläche in der Gemeinde Altenberg als Wald ausgewiesen.

Veränderungen ergeben sich auch in der Strukturierung der Kulturlandschaft. Waren 1831 noch insgesamt rund 66 ha Hutweiden, 28 ha Äcker mit Obstbäumen und 25 ha Wiesen mit Obstbäumen ausgewiesen (FRANZISZEISCHER KATASTER 1831a,b,c), welche einen Anteil von rund 3% der Gesamtfläche ausmachten, so sind nach der Bodennutzungserhebung von 1995 (ÖSTAT 1997) nur mehr 4 ha Hutweiden vorhanden.

Der Raum Altenberg bei Linz hat sich damit von einer bäuerlich geprägten Gemeinde in eine Großstadt-Umgebungsgemeinde gewandelt.

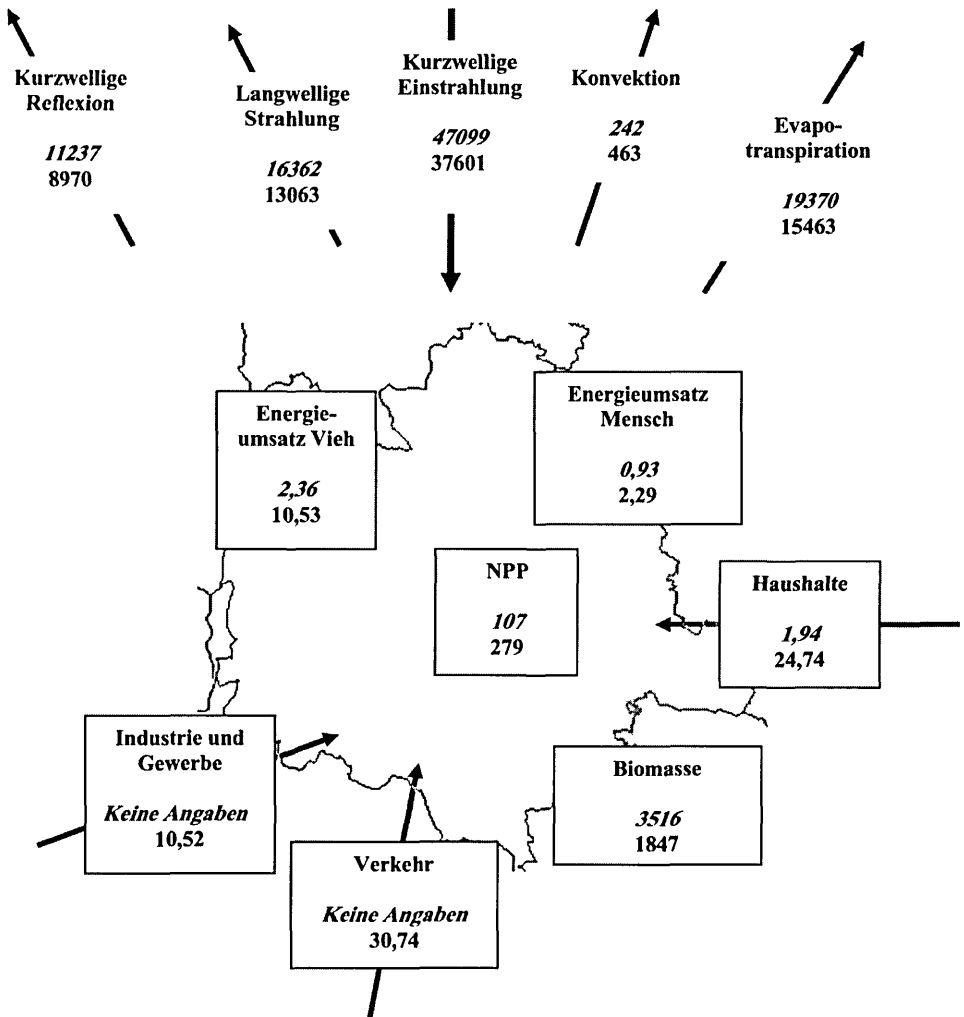


Abb. 2: Energiebilanz (GWh) in der historischen und aktuellen Gemeinde Altenberg bei Linz. 1831 kursiv, 1998 fett. – Energy balance (GWh) in the historical and recent rural village Altenberg near Linz, Austria. 1831 in italics, 1998 in bold.

Energiebilanz (Abb. 2)

Die Energiebilanz der historischen und aktuellen Gemeinde Altenberg bei Linz lässt sich in folgenden Gleichungen zusammenfassen (Angaben in GWh):

$$Q_s + Q_n + Q_t + Q_m + Q_v + Q_k + Q_z = 0$$

historisches System: $19.500 + 107 + 2,36 + 0,93 - 19.370 - 242 + 1,94 = 0$

aktuelles System: $15.568 + 279 + 10,53 + 2,29 - 15.463 - 463 + 65,73 = 0$

Q_s Strahlungsbilanz (kurzwellige Einstrahlung minus Reflexion)

Q_n Energiegehalt der Nettoprimärproduktion

Q_t Energieumsatz Tiere

Q_m Energieumsatz Mensch

Q_v Energie der Evapotranspiration

Q_k Energie der Konvektion

Q_z Zusätzliche Energie

Die Aufschlüsselung der Strahlungsbilanz sowie der zusätzlichen Energie ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

CO₂-Bilanz (Tab. 1)

Für das Jahr 1831 beträgt die CO₂-Abgabe durch das natürliche Ökosystem (Mikroorganismen und Bodentiere) 2.773 t, 1998 sind es 2.170 t. Gleichzeitig können 1831 durch das System wieder 74.877 t CO₂ fixiert werden (1998: 88.073 t). Die anthropogen verursachten Emissionen belaufen sich 1831 auf etwa 847 (mit Nutztieren: 5.019) t CO₂, 170 Jahre später werden bereits 17.777 (mit Nutztieren: 30.833) t CO₂ freigesetzt.

Tab. 1: Vereinfachte CO₂-Bilanz (Tonnen) der Gemeinde Altenberg bei Linz 1831 und 1998. – CO₂-balance (tons) of the rural village Altenberg near Linz, Austria, in 1831 and 1998, simplified.

	historisch	aktuell
Respiration Mikroorganismen	247	197
Respiration Bodentiere	2.526	1.973
Respiration Nutztiere	4.172	13.056
Haushalte (inklusive menschliche Respiration)	847	6.541
Gewerbe und Industrie		2.704
Verkehr mit landwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen		1.630
Verkehr		6.902
Summe Input	7.792	33.003
Jährliche CO ₂ -Fixierung durch NPP	74.877	88.073
Summe Fixierung	74.877	88.073
Bilanz	67.085	55.070

In der CO₂-Bilanz hat sich vor allem der anthropogene Anteil beträchtlich verändert. Während von den 1831 pro Jahr emittierten 7.792 t CO₂ nur ein Zehntel aus menschlicher Tätigkeit (Haushalt) stammen, sind es im Jahr 1998 dagegen bereits 17.777 t CO₂ aus anthropogenen Quellen, also die Hälfte der gesamten CO₂-„Produktion“ – offensichtlich eine Konsequenz des etwa verzehnfachten Pro-Kopf-Verbrauchs an Energie (ZIEHMAYER

2000). Rechnet man die Respiration der Nutztiere zur Anthroposphäre, so hat diese 1831 einen Anteil an der Gesamtrespiration von 64%, im Jahr 1998 aber von 93%! Dennoch gilt sowohl für die historische wie auch für die aktuelle Gemeinde Altenberg, dass die photosynthetische CO₂-Bindung durch die Vegetation um ein Vielfaches höher ist als die CO₂-Freisetzung – die Gemeinde bildet also einen „sink“ für das „Treibhausgas“ CO₂.

Stickstoffbilanz (Tab. 2, Abb. 3)

1831 beträgt das Verhältnis von Stickstoffeintrag zu Stickstoffaustrag der landwirtschaftlichen Nutzflächen 130.417 kg zu 99.418 kg. Das für das Jahr 1998 ermittelte Input-Output-Verhältnis von 608.543 kg zu 433.047 kg N bedeutet, dass heute der Eintrag den Austrag um rund ein Drittel übersteigt; die Gesamt-Stickstoffzufuhr pro Hektar

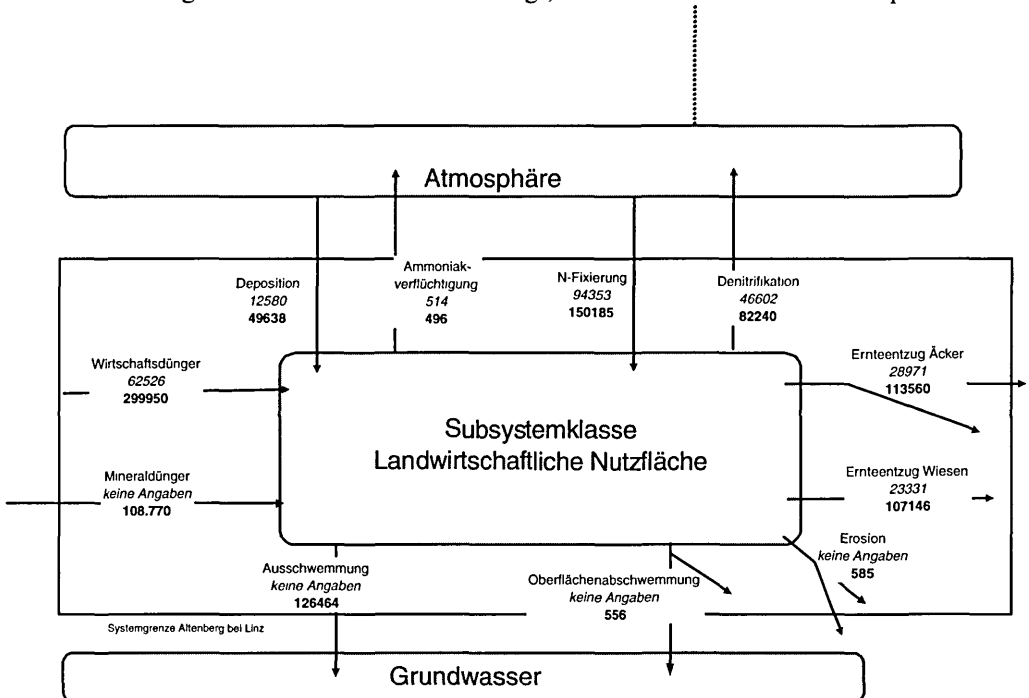


Abb. 3: Stickstoffbilanz (kg) der Gemeinde Altenberg bei Linz. 1831 kursiv, 1998 fett - Nitrogen balance (kg) of the rural village Altenberg near Linz, Austria. 1831 in italics, 1998 in bold.

landwirtschaftlicher Nutzfläche hat sich somit von 40 kg auf 160 kg erhöht, mithin vervierfacht. Diese großen mengenmäßigen Veränderungen in den letzten 170 Jahren sind vor allem auf die Faktoren Intensivierung und Mechanisierung der Landwirtschaft, Einsatz von Mineraldünger sowie Steigerung der in der Luft vorhandenen Schadstoffe („Deposition“), welche sich seit 1831 vervierfacht haben, zurückzuführen. Eine positive Konsequenz aus dieser Entwicklung ist die Steigerung des landwirtschaftlichen Ertrags in Altenberg von rund 815 kg/ha Getreide im Jahr 1831 auf 3.680 kg/ha im Jahr 1998. Allerdings ist mit diesem Überangebot an Stickstoff, welcher nicht mehr vollständig von den Pflanzen metabolisiert werden kann, eine Reihe von nachteiligen ökologischen Folgen für die Nachbarökosysteme wie Erhöhung der Stickoxidemissionen, vermehrte Ni-

Tab. 2: Stickstoffbilanz (kg) der Gemeinde Altenberg bei Linz 1831 und 1998. – Nitrogen balance (kg) of the rural village Altenberg near Linz, Austria, in 1831 and 1998.

	historisch	aktuell
Eintrag		
Mineraldünger		108.770
Wirtschaftsdünger	62.526	299.950
Deposition	12.580	49.638
Stickstofffixierung	94.353	150.185
Summe Eintrag	130.417	608.543
Austrag		
Ernteeutzug Äcker	28.971	113.560
Ernteeutzug Wiesen	23.331	107.146
Ammoniakverflüchtigung Boden	514	496
Denitrifikation	46.602	82.240
Auswaschung		128.464
Oberflächenabschwemmung		556
Erosion		585
Summe Austrag	99.418	433.047

tratauswaschung, Grundwasser- und Gewässereutrophierung u.a. (dazu GEISLER 1998) verbunden.

Diskussion

Die Gemeinde Altenberg bei Linz wurde mittels der ökosystemaren Struktur- und Stoffflussanalyse (für Teilbereiche des Energie-, C- und N-Flusses) untersucht; verglichen wurden Angaben aus der Zeit des Franziszeischen Katasters (1831) und dem Ende des 20. Jahrhunderts (1998). Aus der Umgestaltung des ländlichen Raumes und seiner Bewirtschaftung, verbunden mit einer räumlichen Erschließung der Region, resultiert ein Ansteigen der Bevölkerung auf 220%, welche nur mehr zu einem geringen Teil in der Landwirtschaft beschäftigt ist; gleichzeitig erhöht sich die Häuseranzahl um 290%. In der Flächenstrukturanalyse zeigt sich ein Rückgang des Waldes zugunsten von landwirtschaftlichen Nutzflächen (Äcker, Wiesen).

Der anthropogene Energiekonsum ist in den 170 Jahren auf das 34fache, der Pro-Kopf-Energieeinsatz von 1,1 MWh/a auf 15,7 MWh/a gestiegen (Bisamberg 18 MWh/a, MAIER et al. 1997; Ptuj 20,1 MWh/a, PAVLICEV et al. 2000). Verglichen mit den natürlichen Energieflüssen, liegen die anthropogenen Umsätze jedoch noch immer um zwei Zehnerpotenzen tiefer.

Die anthropogen bedingte Freisetzung von CO₂ beträgt 17.777 (inklusive Nutztiere 30.833) t gegenüber 847 (mit Nutztieren 5.019) t im Jahr 1831. Dennoch bindet die vorhandene Vegetation auf dem Gemeindegebiet weitaus mehr Kohlendioxid (88.073 t/a), als CO₂ insgesamt – natürlich und anthropogen – freigesetzt wird (33.003 t/a). Die CO₂-Bilanz mit 55.070 t (gegenüber 67.085 t im Jahr 1831) zeigt, dass Altenberg nach wie vor eine CO₂-„Senke“ („sink“) darstellt.

Die anthropogene Stickstoffzufuhr auf landwirtschaftlichen Nutzflächen stieg um das 6fache, der gegenwärtige Zustand ist durch einen Stickstoffüberschuss im System charakterisiert.

Quellen und Literatur

- BACCINI P., DAXBECK H., GLENCK E. und HENSELER G., 1993: METAPOLIS – Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt. Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaften, Zürich.
- BACCINI P. und BADER H.-P., 1996: Regionaler Stoffhaushalt – Erfassung, Bewertung und Steuerung. Heidelberg.
- BICK H., 1998: Grundzüge der Ökologie. Fischer Stuttgart.
- BRAUN M., HURNI P. und SPIESS E., 1994: Phosphor- und Stickstoffüberschüsse in der Landwirtschaft und Para-Landwirtschaft. Abschätzung für die Schweiz und das Rheineinzugsgebiet unterhalb der Seen. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umweltchemie, Liebefeld-Bern.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1996: Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Richtlinien für die sachgerechte Düngung, Wien.
- BMUJF – BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT JUGEND FAMILIE, 1995: Leitfaden Klimaschutz auf kommunaler Ebene, Wien.
- DÖRFLINGER A. N., HIETZ P., MAIER R., PUNZ W. und 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, 200 pp + Karten.
- FRANZISZEISCHER KATASTER, 1831a: Schätzungs-Unterlage für das Allgemeine Kataster betreffend die Steuer-Gemeinde Altenberg im Steuer-Bezirke Riedegg im Kreise Mühl, Linz.
- FRANZISZEISCHER KATASTER, 1831b: Schätzungs-Unterlage für das Allgemeine Kataster betreffend die Steuer-Gemeinde Katzgraben im Steuer-Bezirke Riedegg im Kreise Mühl, Linz.
- FRANZISZEISCHER KATASTER, 1831c: Schätzungs-Unterlage für das Allgemeine Kataster betreffend die Steuer-Gemeinde Oberbayring im Steuer-Bezirke Riedegg, Linz.
- GAUBE V., 2002: Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1850–1995. Eine humanökologische Untersuchung. Diplomarbeit Univ. Wien.
- GEISLER A., 1998: Quantifizierung und ökologische Bewertung des Stickstoffhaushaltes von Wien. Diplomarbeit Univ. Wien.
- GEMEINDEAMT ALTENBERG BEI LINZ, 1995: Altenberg bei Linz – ein Heimatbuch. Katsdorf.
- GEMEINDEAMT ALTENBERG BEI LINZ, 1999: Schriftliche Mitteilung.
- GÖTZ B. und ZETHNER G., 1996: Regionale Stoffbilanzen in der Landwirtschaft: Der Nährstoffhaushalt im Hinblick auf seine Umweltwirkung am Beispiel des Einzugsgebietes Strem. Monographien Umweltbundesamt 78, Wien.
- KELLER T., 1973: Die Sauerstoffbilanz der Schweiz. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 124: 465–473.
- LARCHER W., 1984: Ökologie der Pflanzen. Ulmer Stuttgart.
- MAIER R., GEISLER A., AIGNER B., EISINGER K., GÖD U. und 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 [jetzt Institut für Ökologie und Naturschutz] der Universität

- Wien. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr, des Bundeskanzleramts, des Bundesministeriums für Umweltschutz, Wien.
- ÖSTAT, 1994: Arbeitsstättenzählung 1991: Hauptergebnisse Oberösterreich, Wien.
- ÖSTAT, 1997: Agrarstrukturerhebung 1995: Gesamtergebnisse über die Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- PAVLICEV M., PUNZ W. und MAIER R., 2000: Ökosystemare Stoffflussanalyse der Stadt Ptuj (SLO). Verh. Zool.-Bot. Ges. 137, 265–283.
- PENZLIN H., 1996: Lehrbuch der Tierphysiologie. Fischer Stuttgart.
- PRASUHN V. und BRAUN M., 1994: Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. FAL, Zürich-Reckenholz.
- PUNZ W., MAIER R., HIETZ P. und DÖRFLINGER A. N., 1996: Der Energie- und Stoffhaushalt Wiens. Verh. Zool.-Bot. Ges. 133, 27–39.
- SUKOPP H. und WITTIG R., 1998: Stadtökologie: Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Fischer Stuttgart.
- ZIEHMAYER D., 2000: Die historische und die aktuelle Gemeinde Altenberg bei Linz. Eine Analyse ausgewählter Stoffkreisläufe. Diplomarbeit Univ. Wien.

Manuskript eingelangt: 2002 03 26

Anschrift: Mag. Daniela ZIEHMAYER, Univ. Prof. Dr. Rudolf MAIER, Ass. Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, Abteilung für Ökophysiologie der Pflanzen, Institut für Ökologie und Naturschutz, Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [139](#)

Autor(en)/Author(s): Ziehmayr Daniela, Maier Rudolf, Punz Wolfgang

Artikel/Article: [Ökologische Bilanzierung der Gemeinde Altenberg bei Linz auf Basis von Energie, Kohlenstoff und Stickstoff im historischen und aktuellen Vergleich 97-108](#)