

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (<http://www.ub.tuwien.ac.at>).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (<http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/>).

Diplomarbeit

Master Thesis

Güterflussanalyse der Fakultät Bauingenieurwesen TU Wien

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von

o.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.rer.nat. Paul Hans Brunner
E 226
Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft

und

Dipl.-Ing. Bernd Brandt
E 226
Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Lukas Winner
94 25 364
Wichtelgasse 19/9, A-1160 Wien

Wien, im September 2004

MEINEN ELTERN

Kurzfassung

Das Ziel der Diplomarbeit bestand darin, Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten für die Optimierung des Stoff- und Energiehaushaltes von Dienstleistungseinrichtungen. Zu diesem Zweck wurden für die TU Wien als Ganzes sowie für die Fakultät für Bauingenieurwesen anhand der Methode der Stoffflussanalyse exemplarische Bilanzen der Flüsse und Lager der wichtigsten Güter und Energieträger erstellt.

Im ersten Schritt wurde die komplexe Dienstleistungs-Einheit „Fakultät für Bauingenieurwesen“ in ein abstraktes System von räumlichen und zeitlichen Grenzen, von Prozessen, Güter- und Energieflüssen zerlegt. Im zweiten Schritt wurden anhand von Bestandsplänen, Kostenrechnung (Gas, Wasser, Fernwärme, Elektrizität), Inventurerhebungen und eigenen Abschätzungen die für die Fragestellung relevanten Flüsse und Lager quantifiziert. Im dritten Schritt wurden Input-Output Bilanzen erstellt, und die ermittelten Resultate graphisch dargestellt. Anhand von Hochrechnungen und weiteren, von Abfall- und Energiebeauftragten der TU Wien zur Verfügung gestellten Daten wurden Güter- und Energieflüsse für die gesamte TU Wien bestimmt und mit Literaturwerten anderer Universitäten verglichen.

Folgende Resultate wurden erhalten: Die wichtigsten Stellschrauben zur Optimierung des Stoffwechsels eines im Bereich Lehre und Forschung aktiven Dienstleistungsbetriebes betreffen den Verbrauch an Wasser, Baumaterialien und Energie. Alle weiteren Güter, insbesondere restmüllähnliche Abfälle, Verpackungen und dergleichen, sind vergleichsweise unwichtig. Kriterien wie Lebensdauer und Nutzungsrate der Bauwerke ($\text{m}^2/\text{Student}$ resp. Beschäftigter), Isolierung des Bauwerkes, Wasserverbrauch der Armaturen, Nutzerverhalten bezüglich Wasser und Energie sind Schlüsselgrößen, deren Kontrolle mehr Nachhaltigkeit verspricht als die getrennte Sammlung von Abfällen.

Der Vergleich mit anderen Universitäten zeigt auf, dass ein erhebliches, im Detail noch wenig verstandenes Potential zur Optimierung des Stoffhaushaltes von Universitäten besteht.

Abstract

The aim of this thesis was to support decisions regarding the optimization of mass and energy flows through service facilities. For this purpose exemplary balances of flows and stocks of goods and energy through the Vienna University of Technology (VUT) and the Department of Civil Engineering (CIVE) were established according to the method of "Material Flow Analysis".

In a first step, the complex organism "CIVE" was defined as an abstract system with spatial and temporal boundaries, processes and flows of goods and energy. In the second step, all relevant flows and stocks were quantified using construction plans, financial accounts (gas, water, long-distance heating, electricity), inventories and evaluations. Finally, input-output balances were calculated for CIVE and the results displayed in a transparent way. Based on projections and data about waste production and energy consumption, flows of goods and energy were quantified for the whole VUT and compared with data from other universities.

The following conclusions result from this study: The key materials in the metabolism of a service facility for education and research are water, building materials and energy. All other goods are of less relevance, in particular packaging and similar waste materials. The control of the main variables durability, utilization of the buildings ($\text{m}^2/\text{student}$ and employee), insulation, water appliances, and user lifestyle concerning water and energy is by far more important to reach a sustainable metabolism than separate waste collection of plastics and biomass.

The comparison with other universities demonstrates that a considerable but poorly understood and not yet exploited potential for the optimization of the metabolism of universities exists.

INHALT

KURZFASSUNG	I
ABSTRACT	II
1. EINLEITUNG	1
1.1. Allgemeines	1
1.2. Zielsetzung	2
1.3. Fragestellung	2
2. METHODISCHES VORGEHEN	4
2.1. Die Methode der Stoffflussanalyse	4
2.1.1. Einführung	4
2.1.2. Vorgangsweise	5
2.2. Systemdefinition	5
2.2.1. Systemgrenzen	5
2.2.1.1. Örtliche Systemgrenze	6
2.2.1.2. Zeitliche Systemgrenze	8
2.2.2. Prozesse	9
2.2.3. Zusammenfassung der Güter	15
3. RESULTATE	17
3.1. Ermittlung der Güter- und Energieflüsse	17
3.1.1. Prozess Lehre/Forschung/Organisation (LFO)	18
3.1.1.1. Verbrauchsgüter LFO - Input	18
3.1.1.2. Externer Input LFO	19
3.1.1.3. Trinkwasser LFO - Input	21
3.1.1.4. Abfälle Verbrauchsgüter LFO – Output	29
3.1.1.5. Postausgang LFO - Output	31
3.1.1.6. Abwasser LFO - Output	31
3.1.1.7. Lagerinput Akten LFO – Input	32
3.1.1.8. Lagerbestand Akten LFO	32
3.1.1.9. Lagerbestand Trinkwasser LFO	34
3.1.2. Prozess Infrastruktur (INF)	35
3.1.2.1. Gebrauchsgüter INF – Input	35
3.1.2.2. Abfälle Gebrauchsgüter INF - Output	36
3.1.2.3. Baumaterialien Errichtung INF – Input	36
3.1.2.4. Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF – Input	38
3.1.2.5. Baurestmassen INF – Output	39
3.1.2.6. Lagerbestand Baumaterialien INF	39
3.1.2.7. Lagerbestand Gebrauchsgüter INF	41
3.1.3. Prozess Gebäudebetrieb (GEB)	42
3.1.3.1. Trinkwasser GEB	42

3.1.3.2.	Erdgas GEB	42
3.1.3.3.	Verbrennungsluft GEB	43
3.1.3.4.	Fernwärme GEB	43
3.1.3.5.	Strom GEB	45
3.1.3.6.	Abwasser GEB	48
3.1.3.7.	Abgas GEB - Output	48
3.1.4.	Prozess Transport (TRA)	48
3.1.4.1.	Neue Fahrzeuge TRA – Input	48
3.1.4.2.	Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA – Output	48
3.1.4.3.	Treibstoff TRA - Input	49
3.1.4.4.	Verbrennungsluft TRA - Input	49
3.1.4.5.	Abgas TRA - Output	49
3.1.4.6.	Lagerbestand TRA	50
3.2.	Zusammenfassung der Ergebnisse und Fehlerabschätzung der Daten	50
3.3.	Darstellung	54
4.	VERGLEICH MIT ANDEREN UNIVERSITÄTEN	60
4.1.	Vergleich gesamte Energie	62
4.2.	Vergleich Elektrizität	63
4.3.	Vergleich Wärmebedarf	64
4.4.	Vergleich Wasser	66
4.5.	Vergleich Restmüll	68
4.6.	Vergleich Altpapier	69
5.	SCHLUSSFOLGERUNGEN	70
6.	ZUSAMMENFASSUNG	73
6.1.	Zielsetzung und Fragestellung	73
6.2.	Methodisches Vorgehen	73
6.2.1.	Einführung	73
6.2.2.	Systemdefinition	74
6.2.3.	Prozesse und Güter	75
6.3.	Resultate	80
6.4.	Vergleich mit anderen Universitäten	84
7.	GLOSSAR	86
DANK		93

LITERATUR	94
ANHANG	A
Erhebung Lagerbestand Gebrauchsgüter	A
Möbiliar	A
Elektrogeräte und Bürobedarf	C
Resultate Gebrauchsgüter	C
Erdgasverbrauch	D
Stromverbrauch	E

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Die steigenden Anforderungen an die Sammlung und Behandlung unserer Abfälle führte in den vergangenen Jahren zu einer Aufschwung in der Weiterentwicklung der Verwertungs- und Behandlungstechnologien. Entsprechend den Zielen des österreichischen Abfallwirtschaftsgesetzes ist der Umgang mit Abfällen so zu gestalten, dass schädliche Umweltauswirkungen möglichst vermieden werden. Dies kann aber nur erreicht werden, wenn abfallwirtschaftliche Maßnahmen bewertet werden können. Ein Instrument, das die Bewertung dieser Maßnahmen unterstützt, ist die Stoffflussanalyse (Güterflussanalyse).

Die Methoden der Güter- und Stoffflussanalyse sind verhältnismäßig junge Verfahren, die sich noch in der Entwicklung befinden (z.B. in Hinblick auf die Berücksichtigung von Unsicherheiten). Der Hintergrund dieser neuen, an Bedeutung gewinnenden Methodik ist der Anspruch, Umweltschutzeffekte aus einer ganzheitlichen Sicht erfassen zu können. Es wird also nicht mehr wie in den 70er Jahren nur der Rohstoffinput oder wie in den 80er Jahren das Abfallaufkommen betrachtet, sondern es werden auch die Zusammenhänge zwischen Input, Lager und Output näher beleuchtet. Durch die vernetzte Betrachtung des gesamten Flussverhaltens von Gütern bzw. einzelnen Stoffen können Schlüsse über die Nachhaltigkeit, d.h. über die langfristige ökologische und ökonomische Verträglichkeit des untersuchten Systems gezogen werden.

Um ein Beispiel aus der breiten Anwendungspalette dieser Methode zu zeigen, wird im Rahmen dieser Diplomarbeit eine Güterflussanalyse für die Fakultät für Bauingenieurwesen der TU Wien durchgeführt. Das steigende Interesse an der Abfallwirtschaft und der Bezug zur Fakultät –

bedingt durch das lange Studium – haben mich dazu bewogen, dieses Thema zu wählen.

1.2. Zielsetzung

Das Ziel dieser Diplomarbeit besteht nun darin, eine Güterflussanalyse des Systems „Fakultät für Bauingenieurwesen an der TU-Wien“ zu erstellen. Dabei sollen die größten Güter- und Energieflüsse in das System und aus dem System identifiziert werden, um zu zeigen bei welchen Güterflüssen das größte Vermeidungspotential besteht.

Außerdem soll ein Vergleich mit anderen Universitäten angestellt werden.

1.3. Fragestellung

Im Rahmen dieser Arbeit soll auf folgende Fragen eingegangen werden:

1. Was ist eine Stoffflussanalyse (SFA)?
 - Welche Elemente gehören zu einer SFA?
 - Wie ist die generelle Vorgangsweise bei der Durchführung einer SFA?
 - Wie kann ich die allgemeine Vorgangsweise auf mein System umlegen?
2. Wie wird das System „Fakultät für Bauingenieurwesen“ definiert?
 - Wie sind die örtlichen Systemgrenzen?
 - Welche Institute gehören zur Fakultät BI?
 - Ist es sinnvoll, alle Institute zu erfassen oder sich auf einen kleineren Bereich zu konzentrieren?
 - Wie sind die zeitlichen Systemgrenzen?
 - Welche Auswirkungen hat die Wahl der zeitlichen Systemgrenzen auf die Gebäudeinfrastruktur?

-
- Welche Prozesse und Güter werden ausgewählt?
 - Wie werden die Prozesse definiert?
 - Welche Güter kommen in der Güterliste vor?
 - Wie kann ich das System am Besten darstellen?
3. Wie werden die Güter- und Energieflüsse der Fakultät ermittelt?
- Welche Daten können ermittelt werden?
 - Wo bekomme ich Daten her?
 - Wie genau sind diese Daten?
 - Welche Einheiten sind sinnvoll?
4. Wie groß sind die Güter- und Energieumsätze der Fakultät?
- Wie groß ist die Fehlerabweichung der jeweiligen Flüsse?
5. Welche Daten können sinnvoll mit anderen Universitäten verglichen werden?
- Für welche Universitäten stehen vergleichbare Daten zur Verfügung?
 - Macht es Sinn, die Daten auf Studentenzahlen umzurechnen?
 - Macht es Sinn, die Daten auf die Nutzfläche umzurechnen?

2. Methodisches Vorgehen

2.1. Die Methode der Stoffflussanalyse

2.1.1. Einführung

Definition der Stoffflussanalyse laut ÖNORM S 2096-1:

„In einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System werden alle relevanten Flüsse von Gütern und Stoffen identifiziert, quantifiziert und die Stoffe innerhalb dieses Systems bilanziert

Das untersuchte System kann ein Einzelprozess oder eine Verknüpfung vieler Prozesse einschließlich der Unterprozesse sein.

Die Stoffflussanalyse kann auch als eine Input-Output-Analyse - im internationalen Sprachgebrauch auch PIOT (physical input output tables) genannt - betrachtet werden. Die Input-Output-Analyse beschreibt die produktionsmäßigen Beziehungen zwischen den Teilbereichen der Wirtschaft und die Untersuchungen der wechselseitigen Zusammenhänge zwischen Inputs und Outputs.“
[ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Bei der Entwicklung der Methode Ende der 80er Jahre wurde eine spezielle „Sprache“ ausgearbeitet [Baccini&Brunner, 1991], [Baccini&Bader, 1996]. Das reglementierte methodische Vorgehen ist im Regelblatt 514 des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), sowie in der ÖNORM S 2096-1 und ÖNORM S2096-2 detailliert beschrieben [ÖWAV, 2003]. Die Methode lässt sich auch zur Untersuchung von Energieflüssen heranziehen.

Im Glossar (ab Seite 86) sind die verwendeten Begriffe dieser „Sprache“ nach der Definition laut ÖNORM S-2096 [ÖNORM S 2096-1, 2003] angeführt.

2.1.2. Vorgangsweise

Die Stoffflussanalyse gliedert sich in folgende Schritte:

1. Aufgabenstellung
2. Zielsetzung
3. Systemdefinition:
 - Festlegung der Systemgrenze (räumlich und zeitlich)
 - Festlegung der Prozesse und Güter
 - Auswahl der Güter (Stoffe)
 - Festlegung der angestrebten Genauigkeit der Untersuchung
4. Bilanz
5. Auswertung und Interpretation
6. Schlussfolgerungen
7. Darstellung

2.2. Systemdefinition

Die Systemdefinition zeigt den Aufbau der Fakultät für Bauingenieurwesen in vereinfachter Form. Auf Basis dieser Systemdefinition erfolgt die Erhebung und Auswertung der Daten.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird in Kapitel 3.3 - Seite 54 eine graphische Darstellung verwendet.

2.2.1. Systemgrenzen

Die Systemgrenze wird in Abhängigkeit von den Zielen und der Aufgabenstellungen sowohl räumlich als auch zeitlich gezogen. Die zeitliche Komponente der Systemgrenze bildet die Grundlage für den Bilanzierungszeitraum. Grundsätzlich kann der Bilanzierungszeitraum individuell gewählt werden.

Da viele Daten auf die Zeitspanne von einem Jahr bezogen sind, beträgt der Bilanzierungszeitraum üblicherweise ein Jahr.

Für die räumliche Komponente der Systemgrenze gibt es je nach Aufgabenstellung mehrere Möglichkeiten.

Beispiele für räumliche Systemgrenzen:

- Grundstücksgrenze eines Betriebes: z.B. Papierfabrik, Krankenhaus, Müllverbrennungsanlage
- Grenze des Einzugsgebietes eines Flusses
- Politische Grenze: Stadt, Gemeinde, Bundesland, Nation, Naturschutzgebiet
- Grenze einer sozialwissenschaftlich definierten Einheit: z.B. Privathaushalt.

[Quelle: ÖNORM S 2096-2, 2004]

2.2.1.1. Örtliche Systemgrenze

Als örtliche Systemgrenze wird die Fakultät für Bauingenieurwesen - eine von acht Fakultäten der TU Wien - gewählt. Diese besteht aus dem Dekanat und 16 Instituten, die in 8 verschiedenen Gebäuden untergebracht sind.

Tabelle 1 zeigt tabellarisch die 16 Institute (+ Dekanat) und deren Verteilung auf die einzelnen Gebäude [Dvorak 2001, Internet]

Tabelle 1 - Institute der Fakultät und deren Gebäudeverteilung

Instituts Nr.	Institut	Gebäude
E200	Dekanat	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
E201	Institut für allgemeine Mechanik	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10 1040 Wien
E202	Institut für Festigkeitslehre	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Aspanggründe Adolf-Blamauergasse 1-3 1030 Wien

E203	Institut für Ingenieurgeologie	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7 1040 Wien
E206	Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Aspanggründe Adolf-Blamauergasse 1-3 1030 Wien
E211	Institut für Baustatik	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
E212	Institut für Stahlbeton- und Massivbau	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien
E213	Institut für Stahlbau	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien
E215	Institut für Hoch- und Industriebau	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
E221	Institut für Grundbau und Bodenmechanik	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
E222	Institut für Konstruktiven Wasserbau	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Aspanggründe Adolf-Blamauergasse 1-3 1030 Wien
E223	Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
E226	Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Wohnhaus Resselgasse 5 1040 Wien
E231	Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik	Institutsgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien

E232	Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien
		Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9 1040 Wien
E233	Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung	Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien
		ARSENAL Objekt 214 Franz-Grill-Str. 3 1030 Wien
E234	Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien

Die Institutsräume auf den Aspanggründen, die wiederum auf verschiedene Hallen verteilt sind, werden in einem Objekt zusammengefasst.

Wie aus Tabelle 1 zu erkennen ist, sind viele Institute auf mehrere Gebäude verteilt, worauf bei der Erhebung der Bausubstanz näher eingegangen wird (siehe 3.1.2.6 „Lagerbestand Baumaterialien INF“ – Seite 39).

2.2.1.2. Zeitliche Systemgrenze

Als zeitliche Systemgrenze wird das Jahr 2002 gewählt. Jedoch lassen sich einige der erhobenen Güterflüsse (Bausubstanz, Gebrauchsgüter) nicht so einfach auf ein Jahr umlegen, da z.B. die Lebensdauer eines Gebäudes oder eines Möbelstückes ein Jahr deutlich überschreitet und somit auf ein Jahr umgerechnet werden muss.

An der Fakultät für Bauingenieurwesen arbeiteten mit 1.10.2002 325 Personen. Da jedoch die Mitarbeiterzahl aus den Telefonlisten eruiert wurde und einige Mitarbeiter wie Gastprofessoren und projektbezogene Mitarbeiter zwar in den Telefonlisten eingetragen sind, jedoch nur

zeitweise an der Fakultät arbeiten, werden für allfällige Berechnungen die Mitarbeiterzahlen (aus den Telefonlisten) um 15% reduziert. Der Wert von 276 Mitarbeitern (85% von 325) wird über das gesamte Jahr 2002 als konstant angesehen.

2.2.2. Prozesse

Die Wahl der Prozesse erfolgt nach der Funktion innerhalb der Fakultät. Jedes Institut als einzelnen Prozess zu betrachten wäre eine Verfälschung der Ergebnisse, da die Daten größtenteils von einem Institut oder der gesamten TU hoch- oder rückgerechnet wurden.

Nachfolgend ist die Systemdefinition der Fakultät in graphischer und tabellarischer Form angeführt, wobei für jeden Prozess alle Input- und Outputflüsse beschrieben und eindeutig festgelegt werden. Diese Systemdefinition ist auch die Grundlage zur Auswertung der gesammelten Daten.

Abb. 1 - Systembild – Güter- und Energiefluss durch die Fakultät für Bauingenieurwesen

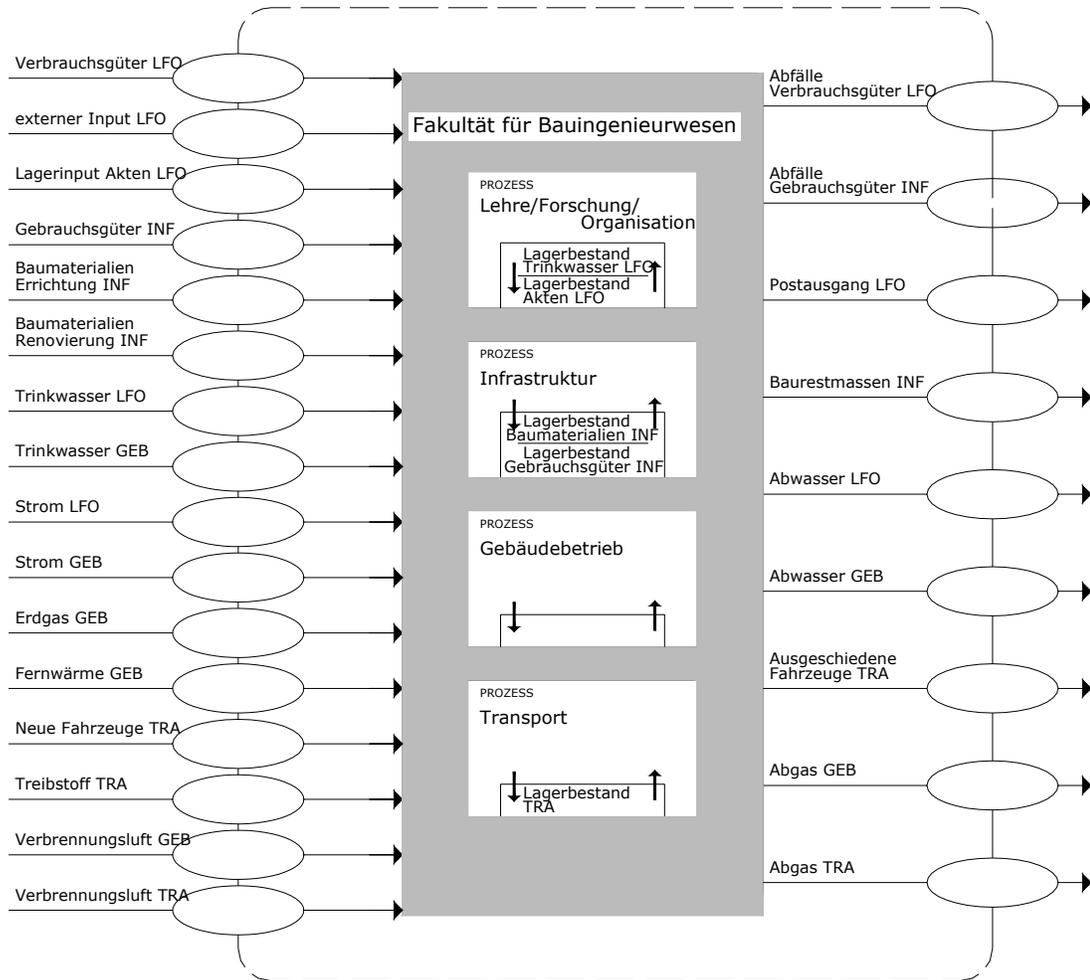


Tabelle 2 – Prozess Lehre/Forschung/Organisation

Prozess Lehre/Forschung/Organisation* (LFO)				
Dieser Prozess besteht aus allen administrativen und sonstigen universitären Tätigkeiten (Vorlesungen, Prüfungen, Forschungsprojekte,...) der Fakultät für Bauingenieurwesen. Aufgrund fehlender Daten wird auf eine getrennte Betrachtung der drei Prozesse verzichtet.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Einkauf	Verbrauchsgüter LFO	LFO	Artikel, deren Lebensdauer geringer als 1 Jahr ist
	Mitarbeiter	Externer Input LFO	LFO	Posteingang, Broschüren und Artikel, die von Mitarbeitern mitgebracht werden (Jause, etc.)
	Wienstrom	Strom LFO	LFO	Strom, der für das „Arbeiten“ verwendet wird (PC, Laborgeräte, Fax etc.)**
	Wiener Wasser	Trinkwasser LFO	LFO	Wasserverbrauch durch Aktivitäten der Mitarbeiter im Gebäude (80% des Gesamtwasserverbrauchs)
	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	LFO	Abfälle Verbrauchsgüter LFO	MA 48	Gesammelte Abfälle und Recyclingfraktionen (Altpapier, ...)
	LFO	Postausgang LFO	Post	Postausgang
	LFO	Abwasser LFO	Wien Kanal	Abwasser aus dem Verbrauch von Trinkwasser

	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER		Lagerinput Akten LFO		Jährlicher Lagerinput an Akten
		Lagerbestand Akten LFO		Bestand an archiviertem Papier (Akten)
		Lagerbestand Trinkwasser LFO		Wassertank des Instituts für Konstruktiven Wasserbau für Laborversuche

* Die Trennung zwischen Lehre/Forschung/Organisation und Gebäudebetrieb ist eine künstliche, da einige Flüsse nicht genau zugeordnet werden können. Es kann z.B. nicht erhoben werden, wie sich der Trinkwasserverbrauch auf Tätigkeiten wie „WC-Spülung“ oder „Gebäudereinigung“ aufteilt. Deshalb wird beim Wasserverbrauch angenommen, dass 80% des Trinkwasserinputs in den Prozess „Lehre/Forschung/Organisation“ und die restlichen 20% in den Prozess „Gebäudebetrieb“ fließen!

** Aufgrund fehlender Daten ist es nicht möglich, den Güterfluss „Strom“ genau auf die Prozesse Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation aufzuteilen. Somit wird als Annahme ein Verhältnis von 70:30 zwischen Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation getroffen.

Tabelle 3 – Prozess Infrastruktur

Prozess Infrastruktur (INF)				
Diesem Prozess werden die gesamte Bausubstanz sowie Gebrauchsgüter (Mobiliar,...) zugeordnet.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Einkauf	Gebrauchsgüter INF	INF	Neuanschaffungen an Möbel, Computer, sonst. Geräte (erhöhen den Lagerbestand)
	Einkauf	Baumaterialien Errichtung INF	INF	Baumaterialien, die bei der Errichtung verwendet wurden und durch jährliche Abschreibung der Lebensdauer der Gebäude in das System gelangen
	Einkauf	Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF	INF	Baumaterialien zum Renovieren bestehender Gebäude

	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	INF	Abfälle Gebrauchsgüter INF	MA 48	Lageroutput (Sperrmüll, Altgeräte, Möbiliar...)
	INF	Baurestmassen INF	MA 48	Anfallende Baurestmassen
	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER		Lagerbestand Baumaterialien INF		Bestand an Gebäudesubstanz
		Lagerbestand Gebrauchsgüter INF		Bestand an Gebrauchsgütern (Möbel, Maschinen,...)

Tabelle 4 – Prozess Gebäudebetrieb

Prozess Gebäudebetrieb (GEB)				
Zu diesem Prozess gehören das Heizen, der Stromverbrauch und sämtliche wasserverbrauchende Tätigkeiten.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Wiener Wasser	Trinkwasser GEB	GEB	Wasserverbrauch durch gebäudebetriebliche Aktivitäten (Reinigung, etc.) im Gebäude (20% des Gesamtwasserverbrauchs)
	Wiengas	Erdgas GEB	GEB	Erdgasverbrauch durch Heizen des Gebäudes
	Luft	Verbrennungsluft GEB	GEB	Luft, die für die Verbrennung von Erdgas benötigt wird
	Fernwärme Wien	Fernwärme GEB	GEB	Wärmeverbrauch durch die Aktivitäten im Gebäude
	Wienstrom	Strom GEB	GEB	Strom, der für den Gebäudebetrieb verwendet wird (Beleuchtung, etc.)*

	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	GEB	Abwasser GEB	Wien Kanal	Abwasser aus dem Verbrauch von Trinkwasser
	GEB	Abgas GEB	Luft	Abgas, das bei der Verbrennung von Erdgas entsteht
	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER				

* Aufgrund fehlender Daten ist es nicht möglich, den Güterfluss „Strom“ genau auf die Prozesse Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation aufzuteilen. Somit wird als Annahme ein Verhältnis von 70:30 zwischen Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation getroffen.

Tabelle 5 – Prozess Transport

Prozess Transport (TRA)				
In diesem Prozess sind berufsbedingte Transporte mit dem einzigen KFZ der Fakultät (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft) durch Institutsmitarbeiter enthalten. Erfasst werden der Treibstoff und die verbrauchte Luft des Verbrennungsprozesses.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Einkauf	Neue Fahrzeuge TRA	TRA	Fahrzeuge, die in den Bestand aufgenommen werden
	OMV	Treibstoff TRA	TRA	Verbrauchter Treibstoff durch Transporttätigkeiten mit KFZ
	Luft	Verbrennungsluft TRA	TRA	Luft, die für die Verbrennung von Diesel benötigt wird
	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	TRA	Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA	MA 48	Fahrzeuge, die aus dem Bestand ausgeschieden werden
	TRA	Abgas TRA	Luft	Abgas, das bei der Verbrennung von Diesel in Verbrennungsmotoren entsteht

	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER		Lagerbestand TRA		Fahrzeug(e)

Sonstige Betriebsmittel, die ein Kfz zum Betrieb benötigt (Motoröl, Kühlflüssigkeit, etc.) wurden vernachlässigt.

2.2.3. Zusammenfassung der Güter

Tabelle 6 - Güterliste

Import	Export	Lager
Verbrauchsgüter LFO	Abfälle Verbrauchsgüter INF	
Gebrauchsgüter INF	Abfälle Gebrauchsgüter LFO	Lagerbestand Gebrauchsgüter INF
Externer Input LFO	Postausgang LFO	Lagerbestand Akten LFO
Lagerinput Akten LFO		
Trinkwasser LFO	Abwasser LFO	Lagerbestand Trinkwasser LFO
Trinkwasser GEB	Abwasser GEB	
Baumaterialien Errichtung INF	Baurestmassen INF	Lagerbestand Baumaterialien INF
Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF		
Strom LFO	Abwärme	
Strom GEB		
Fernwärme		
Neue Fahrzeuge TRA	Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA	Lagerbestand Transport TRA
Erdgas GEB	Abgas GEB Abgas TRA	
Treibstoff TRA		
Verbrennungsluft GEB		
Verbrennungsluft TRA		

Nicht berücksichtigt werden:

- Anschaffung und Lager von fixen Installationen (z. T. Gebrauchsgüter) wie z.B. Heizkessel, Entlüftungsanlagen, Pumpen, etc.
- Umgebungsgestaltung wie z.B. Schneeräumung, Grünflächengestaltung, sofern die Verantwortung hierfür bei der Fakultät für Bauingenieurwesen liegt.

3. Resultate

3.1. Ermittlung der Güter- und Energieflüsse

Im Unterschied zu einem Produktionsbetrieb ist es nahe liegend, dass viele der in die Fakultät für Bauingenieurwesen gelangenden Güter eine Aufenthaltszeit von mehreren Jahren erreichen und somit einen Lagerbestand bzw. -zuwachs mit sich bringen. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, nicht nur Güterflüsse, sondern auch die Lager abzuschätzen.

Die Bestimmung der Flüsse und Lager wird in Abhängigkeit der Datenlage je nach Gut auf unterschiedliche Art und Weise vorgenommen.

Wenn einzelne Parameter aufgrund von Unzugänglichkeiten nicht erhoben werden können, ist es notwendig, selbst Werte abzuschätzen und Annahmen zu treffen.

Die Ergebnisse werden in Tabelle 45 – Zusammenfassung der Güterflüsse nach Prozessen und Fehlerabschätzung der Daten gesamte Fakultät“ - Seite 51 und in „Tabelle 46 - Zusammenfassung der Lager nach Prozessen und Fehlerabschätzung der Daten gesamte Fakultät“ - Seite 52 zusammengefasst.

Die Daten werden in den oben erwähnten Tabellen und in den Systemskizzen (ab Seite 54) auf zwei signifikante Stellen gerundet angeführt.

Bemerkung zur Verwendung von Nutzflächenangaben:

Die Nutzfläche teilt sich auf in die Haupt- und die Nebennutzfläche. Zur Hauptnutzfläche gehören z.B. Büroflächen, Aufenthaltsflächen, etc.

Sanitär- und Abstellräume, Garagen oder Stellplätze gehören zur Nebennutzfläche.

Die Systemskizzen wurden mit AutoCAD 2002 erstellt.

Im Folgenden wird in chronologischer Abfolge erklärt, wie sich die einzelnen Zahlen der Güterflüsse laut Güterliste ergeben.

3.1.1. Prozess Lehre/Forschung/Organisation (LFO)

3.1.1.1. Verbrauchsgüter LFO - Input

Als Verbrauchsgüter werden all jene Güter bezeichnet, deren Aufenthaltszeit im System geringer als ein Jahr ist. Das bedeutet, dass die Artikel innerhalb eines Jahres eingekauft bzw. bestellt und verbraucht werden und schlussendlich in einer der Abfall- oder Recyclingfraktionen landen (z.B. Papier, Büromaterial, Toner, Laborhandschuhe, etc.). [Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft TU-Wien 2002]

Der Jahresverbrauch von Verbrauchsgütern ist sehr schwer zu erheben bzw. abzuschätzen. Zwar wurden am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft die Mappen der Buchhaltung durchforstet und sämtliche Eingangsrechnungen von Verbrauchsgut-Bestellungen festgehalten, jedoch wäre eine massenmäßige Auswertung uferlos gewesen.

Somit wird die Erhebung des Verbrauchsgüter-Inputs über deren Abfälle durchgeführt.

Da aber auch der externe Input im Müll landet, d.h. er verlässt über den Output „Abfälle Verbrauchsgüter LFO“ das System, beträgt der Input an Verbrauchsgütern:

	60t	(Abfälle Verbrauchsgüter LFO – Output 29)
+	0,8t	(Postausgang Seite 19)
-	4,1t	(Posteingang Seite 19)
-	6,2t	(externer Input Mitarbeiter Seite 20)
51 t		

3.1.1.2. Externer Input LFO

Als „externer Input“ werden all jene Güter bezeichnet, die nicht bewusst von der Fakultät importiert werden, aber trotzdem in das System gelangen. Explizit werden hier der Posteingang und von Mitarbeitern an den Arbeitsplatz mitgebrachte Artikel berücksichtigt.

3.1.1.2.1. Externer Input – Posteingang

Zur Quantifizierung des Posteingangs wurde am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft über den Zeitraum von einer Woche der Postein- bzw. ausgang abgewogen.

Tabelle 7 – Postumsatz am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft vom 18.8.2003-22.8.2003

Woche	Posteingang [t]	Postausgang [t]
18.8.03-22.8.03	~ 0,015	~ 0,003

Da diese Erhebung jedoch in den Sommerferien stattfand und unter dem Studienjahr laut Fr. Becker (Sekretariat) wesentlich mehr Postverkehr auftritt, wurde folgende Annahme getroffen.

Tabelle 8 – Geschätzter durchschnittlicher Postumsatz pro Woche am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft

Posteingang [t]	Postausgang [t]
~ 0,020	~ 0,004

Eine Umrechnung des Postumsatzes auf Mitarbeiter scheint plausibel.

Tabelle 9 – Postumsatz der gesamten Fakultät

85% Mitarbeiter Fakultät	Posteingang/ Mitarbeiter.a [t]	Posteingang Fakultät gesamt [t]	Postausgang/ Mitarbeiter.a [kg]	Postausgang Fakultät gesamt [t]
276	~ 0,015	4,1	~ 3	0,8

Zusätzlich wird angenommen, dass 80% des Posteingangs das System über die „Abfälle Verbrauchsgüter LFO“ verlassen. Die restlichen 20% (Broschüren, etc.) werden archiviert und schlagen sich beim „Lagerinput Verbrauchsgüter LFO“ nieder (Archive in Ordnern,...). Jedoch ergibt sich dadurch kein Lagerzuwachs, weil die Annahme getroffen wird, dass ebensoviel wieder ausgemistet wird und das System über die „Abfälle Verbrauchsgüter LFO“ verlässt.

3.1.1.2.2. Externer Input – Mitarbeiter

Um den Input an Material durch die Mitarbeiter abzuschätzen, wurden 225 Arbeitstage pro Jahr und eine Menge von 0,1 kg pro Mitarbeiter und Tag angenommen. Außerdem wird angenommen, dass der komplette externe Input der Mitarbeiter über den Output „Abfälle Verbrauchsgüter LFO“ das System verlässt.

Tabelle 10 – externer Input Mitarbeiter gesamte Fakultät

Mitarbeiter Fakultät	Input/ Mitarbeiter.d [kg]	Arbeitstage/a	Gesamter Input Mitarbeiter [t]
276	~0,1	225	6,2

3.1.1.3. Trinkwasser LFO - Input

Der Wasserverbrauch jedes einzelnen Gebäudes der TU-Wien wird über die Kostenrechnung erhoben. Tabelle 11 zeigt den gesamten Wasserverbrauch der TU Wien im Jahr 2002 nach Gebäuden.

Tabelle 11 – Gesamter Wasserverbrauch TU Wien 2002 aufgeschlüsselt nach Gebäuden

Gebäude	t
Wiedner Hauptstr. 8-10	45432
Funke Halle	2182
Karlsplatz 13	8468
Wiedner Hauptstr. 7	239
Wiedner Hauptstr. 9	19
Gußhausstr. 25	26849
Operngasse 9	500
Gumpendorferstr. 1A	455
Getreidemarkt 9	71191
Gumpendorferstr. 7	13179
Engerthstr. 119	207
Schüttelstr. 115	35707
Theresianumgasse 27	447
Argentinierstr. 8	1579
Gesamt:	~210000

Das größte Problem ist nun, abzuschätzen, welcher Umrechnungsweg die plausibelsten Ergebnisse für das System liefern würde. Es liegen zwar die Daten für die gesamte TU vor, jedoch stellt sich die Frage, ob man zur Umrechnung auf die Fakultät die Nutzfläche, das Personal- oder Studentenzahlen heranziehen soll.

Auf welche unterschiedliche Wege man Umrechnungen vornehmen kann, und wie sich die erhaltenen Werte (oft erheblich) unterscheiden, wird anhand der folgenden vier Varianten des Güterflusses „Trinkwasser“ gezeigt.

3.1.1.3.1. Variante 1 – Wasserverbrauch (von Wasserzähler) pro m² im Jahr 2002

Der Trinkwasserverbrauch, der sich aus der Kostenrechnung ergibt, wird durch die jeweilige Nutzfläche jedes Gebäudes (gesamt) dividiert. Somit ergibt sich ein Quotient, mit dem dann die Nutzflächen der Fakultät für Bauingenieurwesen in dem jeweiligen Gebäude multipliziert werden.

Tabelle 12 - Berechnung des Wasserverbrauchs-Faktors (Nutzfläche) – Variante 1

Gebäude	Nutzfläche gesamt [m ²]	Wasserverbrauch [t]	Faktor Wasserverbrauch/Nutzfläche [t/m ²]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	35000	8500	0,24
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	1700	260	0,15
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	83000**	45000	0,54
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	450	30	0,07
Institutsgebäude Gusshausstr. 25, 28, 27-29	45000	27000	0,60
Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	8700	2300	0,26
Institutsgebäude Resselgasse 5	850	Keine Daten	-
Institutsgebäude Karlgasse 13	920	Keine Daten	-
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	620	Keine Daten	-

*Obwohl das Gebäude in der Gusshausstr. 25 keine Räume der Fakultät für Bauingenieurwesen beherbergt, wird es zur Berechnung des Faktors herangezogen, da Wasserzähler zentral liegen und nur Daten für ebendieses Gebäude erhoben werden können.

** Diese Flächenangabe beinhaltet auch die Wiedner Hauptstr. 6 (Bibliothek), da der Wasserzähler den Wasserverbrauch beider Gebäude erfasst.

Tabelle 13 - Wasserverbrauch gesamte Fakultät – Variante 1

Gebäude	Nutzfläche Fakultät [m²]	Faktor Wasserverbrauch/Nutzfläche [t/m²]	Wasserverbrauch gesamt [t]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	6700	0,24	1600
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	5	0,15	0,8
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	320	0,54	170
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	80	0,07	5,6
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	1500	0,60	900
Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	6000	0,26	1600
Institutsgebäude Resselgasse 5	90	0,20*	18
Institutsgebäude Karlgasse 13	25	0,20*	5,0
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	620	0,20*	120
Gesamte Fakultät	15000	-	4400

* Da für die Gebäude Resselgasse 5 und Karlgasse 13 keine Daten vorliegen, wird als Faktor der arithmetische Mittelwert der anderen Gebäude gewählt.

3.1.1.3.2. Variante 2 - Wasserverbrauch (von Wasserzähler) pro Mitarbeiter im Jahr 2002

Der gesamte Trinkwasserverbrauch der TU Wien wird durch die Gesamtmitarbeiteranzahl der TU Wien dividiert. Somit ergibt sich ein Quotient, mit dem dann die Anzahl der Mitarbeiter an der Fakultät für Bauingenieurwesen multipliziert wird. Die Mitarbeiterzahlen werden aus den Telefonlisten generiert, wobei – wie bereits in Kapitel 2.2.1.2 „Zeitliche Systemgrenze“ - Seite 8 erklärt – nur 85% der erhaltenen Mitarbeiter für die Berechnung herangezogen werden.

Tabelle 14 - Berechnung des Wasserverbrauchs-Faktors (Mitarbeiter) – Variante 2

Gebäude	85% der Mitarbeiter gesamte TU [Pers.]	Wasserverbrauch gesamt [t]	Faktor Wasserverbrauch/Mitarbeiter [t/Pers.]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	699	8530	12,2
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	0	260	0
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	396	45000	113,6
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	0	30	0
Gusshausstr. (alle Gebäude)	511	27000	52,8
Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	33	2310	70,0
Institutsgebäude Resselgasse 5	10	Keine Daten	-
Institutsgebäude Karlgasse 13	0	Keine Daten	-
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	0	Keine Daten	-

Mögliche Gründe der Unterschiede der Faktoren:

- ⇒ Im Freihaus befindet sich eine Tieftemperaturanlage, die sehr viel Wasser verschlingt.
- ⇒ Im Freihaus wird auch Wasser aus einer Brunnenanlage gepumpt (~ 47%).
- ⇒ Die Mensa befindet sich im Freihaus und erhöht sicherlich den Wasserverbrauch gegenüber den anderen Gebäuden.
- ⇒ In den Gebäuden in der Gusshausstraße, im Freihaus und auf den Aspanggründen befinden sich sehr viele Labore, die einen erhöhten Wasserbedarf haben.

Tabelle 15 - Wasserverbrauch gesamte Fakultät – Variante 2

Gebäude	85% Mitarbeiter Fakultät [Pers.]	gebäudespezifischer Wasserverbrauch/Person [t/Pers.a]	Wasserverbrauch Fakultät [t/a]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	208	12,2	2500
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	0	0	0
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	15	113,6	1700
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	0	0	0
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	32	52,8	1700
Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	18	70,0	1300
Institutsgebäude Resselgasse 5	3	46,0*	140
Institutsgebäude Karlgasse 13	0	46,0*	0
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	0	46,0*	0
Gesamte Fakultät	276	-	7300

* Da für die Gebäude Resselgasse 5 und Karlgasse 13 keine Daten vorliegen, wird als Faktor der arithmetische Mittelwert der anderen Gebäude gewählt.

3.1.1.3.3. Variante 3 - Wasserverbrauch (von Wasserzähler) pro Student

Der Trinkwasserverbrauch, der sich aus der Kostenrechnung ergibt, wird durch die Anzahl der inskribierten Studenten der gesamten TU Wien [Dvorak 2001, Internet] im Studienjahr 2002 dividiert. Somit ergibt sich ein Quotient, der dann mit der Anzahl der inskribierten Studenten an der Fakultät für Bauingenieurwesen [Dvorak 2001, Internet] multipliziert wird und somit den Wasserbedarf der Fakultät ergibt.

Tabelle 16 – Studentenzahlen TU gesamt und Bauingenieurwesen Studienjahr 2002

	Studenten TU gesamt	Bauingenieurstudenten
Sommersemester 2002	17656	1121
Wintersemester 2002	18931	968
Gerundeter Durchschnitt:	18000	1100

Da es sehr schwierig ist, Studenten auf Gebäude aufzuteilen, wird hier der Wasserverbrauch der gesamten TU zur Berechnung herangezogen.

Tabelle 17 – Wasserverbrauch pro Student 2002

	Wasserverbrauch TU gesamt [t/a]	Studenten TU gesamt	Wasserverbrauch/ Student [t/Stud.a]
Sommersemester 2002	210000	18000	11,7

Tabelle 18 – Wasserverbrauch gesamte Fakultät – Variante 3

Wasserverbrauch/ Student [t/a]	Studenten Bauingenieurwesen	Wasserverbrauch Fakultät [t/a]
11,7	1100	13000

3.1.1.3.4. Variante 4 - Wasserverbrauch (geschätzt) pro Mitarbeiter und Studenten

Diese Variante basiert nicht auf der Kostenrechnung (Wasserzähler), sondern errechnet den gesamten Wasserverbrauch der Fakultät über den durchschnittlichen Tagesbedarf an Wasser pro Mitarbeiter und Studenten.

Der durchschnittliche Wasserverbrauch eines Österreicherers beträgt ca. 150l/Tag und setzt sich folgendermaßen zusammen:

**Tabelle 19 - Durchschnittlicher Wasserverbrauch eines Österreichers/Tag
[Rompolt 2004, Internet]**

Aktivität	Verbrauch [l]
Toilettenspülung	48
Baden, duschen	43
Wäsche waschen	18
Sonstiges	14
Körperpflege	9
Geschirrspülen	6
Gartenbewässerung	6
Autowaschen	3
Trinken, kochen	3
Gesamt:	150

Folgende Annahme wird getroffen:

Die wasserverbrauchenden Tätigkeiten eines Mitarbeiters beschränken sich auf die Toilettenspülung, die jeder drei mal pro Arbeitstag betätigt. Pro Spülvorgang werden 12 Liter Wasser verbraucht, somit ergibt sich ein Tagesverbrauch von ca. 40 Liter Wasser/MA.d.

Die effektive Studienzeit pro Studienjahr beträgt 29 Wochen, wobei jeder inskribierte Student durchschnittlich vier Tage pro Woche die TU Wien besucht, an denen er jeden Tag einmal die Toilettenspülung betätigt. Somit ergibt sich ein Tagesverbrauch von ca. 10 Liter Wasser/Student.d.

Tabelle 20 - Wasserverbrauch gesamte Fakultät – Variante 3

Mitarbeiter Fakultät/ Studenten Fakultät** [Pers.]	Wasserverbrauch/ Arbeitstag [t]	Arbeitstage/ Studientage [d]*	Wasserverbrauch gesamt [t]
276	0,04	225	2500
1050	0,01	120	1300
Gesamt:			3800

* 250 Arbeitstage abzüglich 25 Urlaubstage

** [Dvorak 2001, Internet]

3.1.1.3.5. Vergleich der Varianten

Tabelle 21 – Vergleich der drei Varianten des Wasserverbrauchs

Variante	Wasserverbrauch gesamt [t]
Variante 1 [t/m ²]*	3700
Variante 2 [t/MA]*	6200
Variante 3 [t/Stud]*	13000
Variante 4 [t/MA.Stud]**	3800

* Wassermengen von Wasserzähler

** Wassermengen geschätzt

Interpretation:

Laut Tabelle 11 verbrauchen die Gebäude Wiedner Hauptstraße 8-10, Gusshausstrasse 25, Getreidemarkt 9 und Schüttelstrasse 115 zusammen etwa 85% des gesamten Wassers der TU Wien. In diesen Gebäuden sind viele Labors, bzw. Kühltürme (Schüttelstraße – Atominstitut) vorhanden, die viel Wasser verbrauchen. Da die Fakultät Bauingenieurwesen aber nur mit einem Institut in einem dieser vier Gebäude (Wiedner Hauptstr. 8-10) untergebracht ist, wird besonders bei Variante 3 der Verbrauch der Fakultät verfälscht, da an den Instituten der Fakultät keine großen wasserverbrauchenden Labors vorhanden sind.

Bei den Varianten 1 und 2 wird nicht der gesamte Wasserverbrauch der TU Wien zur Berechnung herangezogen, sondern nur die Wasserverbräuche der Gebäude, in denen die Fakultät untergebracht ist.

Tabelle 22 – größte wasserverbrauchende Gebäude der TU Wien

Gebäude	Begründung
Wiedner Hauptstr. 8-10	Brunnenanlage Mensa Tieftemperaturanlage
Gußhausstr. 25	Viele Labore
Getreidemarkt 9	Chemie-Institute Viele Labore
Schüttelstr. 115	Atominstitut Wasser für Kühlung der Reaktoren

Somit wird der Wasserverbrauch der Fakultät im Jahr 2002 mit 4000 t/a angenommen. Da aber wie bereits in Tabelle 2 – Prozess „Lehre/Forschung/Organisation“ - Seite 11 erwähnt, der Gesamtwasserverbrauch auf die beiden Prozesse „Lehre/Forschung/Organisation“ und „Gebäudebetrieb“ im Verhältnis 80:20 aufgeteilt wird, entfallen auf den Güterfluss „Trinkwasser LFO“ **3200 t/a**.

3.1.1.4. Abfälle Verbrauchsgüter LFO – Output

Der Güterfluss „Abfälle Verbrauchsgüter LFO“ (Output) wird über die Abfallmengen ermittelt. Von der Abteilung für Gebäude und Technik der TU Wien erhielt ich genaue Daten über die Anzahl bzw. das Volumen der von der MA 48 gebäudeweise zur Verfügung gestellten Mülltonnen der

einzelnen Abfallfraktionen. Laut Auskunft der oben angeführten Abteilung wird die Auslastung dieser Mülltonnen abgeschätzt und somit die Menge an Restmüll und Altstoffen ermittelt.

Ein Auszug aus dieser Statistik (für die relevanten Gebäude) findet sich in Tabelle 23.

**Tabelle 23 - Aufkommen von Altstoffen und Restmüll TU-Wien 2002
(Quelle: Abteilung für Gebäude und Technik TU Wien)**

Objekt	Institutsgebäude Gusshausstrasse 25, 27-29, 28-30	Freihaus Wiedner-Hauptstr. 8-10	Hauptgebäude Karlsplatz 13
Restmüll [t/a]	82,3	27,4	109,7
Altglas [t/a]	1,2	6,9	5,8
Altpapier [t/a]	36,7	57,9	15,3
Kunststoffe [t/a]	1,7	5,2	3,5
Metall [t/a]	8,2	20,2	7,8
Biotonne [t/a]	7,8	-	-
Gesamt [t/a]	137,9	117,6	142,1

In Tabelle 24 wird ein gebäudespezifischer Faktor ermittelt.

Die Umrechnung des Abfalls auf die Mitarbeiter erscheint am plausibelsten, da sämtliche Einkäufe (Büroartikel, Kopierpapier, Laborbedarf, etc.) eher von der Mitarbeiterzahl als von z.B. der Nutzfläche abhängen. Auch hier werden wiederum die erhaltenen Mitarbeiterzahlen (aus den Telefonlisten) um 15% reduziert (siehe Kapitel 2.2.1 Systemgrenzen - Seite 5).

**Tabelle 24 - Ermittlung der gebäudespezifischen Faktoren Abfälle
Verbrauchsgüter [t/Mitarbeiter]**

Objekt	gesamte Abfallfraktion TU Wien 2002 [t]	85% der Mitarbeiter	gebäudespezifischer Faktor [t/Mitarbeiter]
Institutsgebäude Gusshausstrasse 25, 27- 29, 28-30	137,9	517	0,27
Freihaus Wiedner-Hauptstr. 8-10	117,6	396	0,30
Hauptgebäude Karlsplatz 13	142,1	699	0,20

Aus Mangel an Daten wird zur Berechnung des gesamten Güterflusses „Abfälle Verbrauchsgüter LFO“ für die restlichen Gebäude der Fakultät das arithmetische Mittel der oben errechneten Faktoren herangezogen.

Tabelle 25 – Abfälle Verbrauchsgüter LFO gesamte Fakultät

Objekt	85% der Mitarbeiter Fakultät	gebäudespezifischer Faktor Verbrauchsgüter [t/Mitarbeiter]	Abfälle Verbrauchsgüter LFO gesamte Fakultät [t]
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	15	0,30	4,5
Hauptgebäude Karlsplatz 13	208	0,20	42
Institutsgebäude Resselgasse 5	3	0,26	0,8
Aspanggründe (Funke- Halle) Adolf-Blamauergasse 1-3	18	0,26	4,7
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	0	0,26	0
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	0	0,26	0
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	32	0,27	8,6
Institutsgebäude Karlsplatz 13	0	0,26	0
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	0	0,26	0
Gesamt	276		60

⇒ Abfälle Verbrauchsgüter LFO: **60 t**

3.1.1.5. Postausgang LFO - Output

Laut Tabelle 9 – Postumsatz der gesamten Fakultät“ - Seite 20 beläuft sich der Postausgang auf **0,8 t/a**.

3.1.1.6. Abwasser LFO - Output

Da in den Objekten der Fakultät keine nennenswerten Mengen an Wasser versickert werden, gelangt der Fluss an Trinkwasser nach dessen Verwendung als Abwasser in den Kanal:

⇒ Wasserinput=Wasseroutput=**3200 t/a**

3.1.1.7. Lagerinput Akten LFO – Input

Bei der Erhebung des Inputs an Akten wird davon ausgegangen, dass die Archive (noch) genügend Platz bieten, um sämtliches Aktenmaterial zu archivieren. D.h. es kommt bei den Akten zu einem jährlichen Lagerzuwachs.

Es wird angenommen, dass jährlich 1% des Lagerbestandes Akten zu den Archiven hinzukommt.

$$\Rightarrow 2\% \text{ von } 71\text{t} = \mathbf{1,4 \text{ t}}$$

3.1.1.8. Lagerbestand Akten LFO

Der Lagerbestand an archiviertem Papier und Büchern in den Institutsbibliotheken wird durch folgende Annahme ermittelt:

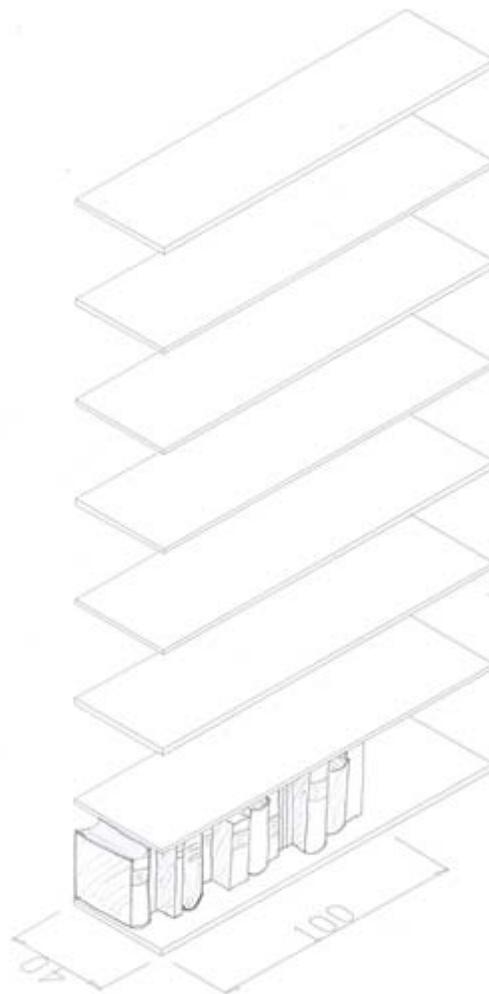
Es wird abgeschätzt, dass jeder Mitarbeiter 10 Aktenordner zur täglichen Arbeit benötigt. Zusätzlich zu den regelmäßig verwendeten Ordnern fallen auf jeden Mitarbeiter 20 Aktenordner, die in den jeweiligen Institutsarchiven stehen. In diesen archivierten Ordnern befinden sich im Laufe der Zeit angesammelte Dokumente zu vergangenen Lehrveranstaltungen (Seminararbeiten, Studentenlisten, Prüfungen, etc.), abgeschlossenen Forschungsberichten, etc.

Pro Ordner wird ein Gewicht von 2 kg angenommen. Somit ergibt sich pro Mitarbeiter ein Lagerbestand von 60 kg an archiviertem Aktenmaterial. Bei 276 Mitarbeitern ergibt dies einen Lagerbestand von **17 t**.

Die Bücher in den Institutsbibliotheken werden über die Bibliotheksflächen ermittelt. In den Raumlisten der TU sind Bibliotheken gesondert ausgewiesen; somit lässt sich die Gesamtfläche einfach ermitteln.

Zusätzlich wird angenommen, dass die Bücher in den Bibliotheksräumen im Durchschnitt in sieben übereinanderliegenden Regalen verstaut sind, die eine Tiefe von 40 cm haben und ca. 20% der Nutzfläche der Bibliotheksräume in Anspruch nehmen. Am Institut für Abfallwirtschaft wurde ein Laufmeter Bücher auf einem Regal abgewogen. Dies ergab eine Masse von 35 kg/m.

Abb. 2 – Skizze eines durchschnittlichen Bücherregals



Somit ergibt sich ein Gewicht von 600 kg/m² an Büchern.

Tabelle 26 – Lager an Büchern in den Bibliotheken der Institute

Institut für	Bibliotheksfläche [m ²]	20% der Nutzfläche [m ²]	Lagerbestand Bücher [t]
Allgemeine Mechanik	31,31	6,26	3,8
Festigkeitslehre	14,66	2,93	1,8
Ingenieurgeologie	50,17	10,03	6,0
Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz	-	-	-
Baustatik	57,00	11,40	6,8
Stahlbeton- und Massivbau	12,71	2,54	1,5
Stahlbau	27,60	5,52	3,3
Hoch- und Industriebau	78,18	15,64	9,4
Grundbau und Bodenmechanik	41,66	8,33	5,0
Konstruktiver Wasserbau	26,45	5,29	3,2
Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft	15,39	3,08	1,9
Wassergüte und Abfallwirtschaft	92,09	18,42	11
Verkehrsplanung und Verkehrstechnik	37,05	7,41	4,5
Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen	20,45	4,09	2,5
Straßenbau und Straßenerhaltung	21,80	4,36	2,6
Baubetrieb und Bauwirtschaft	20,04	4,01	2,4
Gesamt	450,42	90,09	54

Tabelle 27 - Lagerbestand Akten gesamt

Gut	Lager [t]
Ordner	17
Bücher	54
Gesamt	71

3.1.1.9. Lagerbestand Trinkwasser LFO

In den Laborräumen des Instituts für Wassergütewirtschaft befindet sich ein Wassertank mit einem Volumen von 1000 m³, der 1995 das erste mal voll gefüllt wurde. Seither wurden laut Auskunft eines Mitarbeiters des Instituts nur die durch Verluste entstehenden Wasserdifferenzen ausgeglichen, wobei es sich aber immer um geringe Wassermengen handelte.

⇒ Lagerbestand Trinkwasser: **1000 t**

3.1.2. Prozess Infrastruktur (INF)

3.1.2.1. Gebrauchsgüter INF – Input

Als Gebrauchsgüter werden alle langlebigen Artikel der Fakultät erfasst. Dazu zählen beispielsweise Einrichtung, Computer, Laborgeräte, Maschinen und Werkzeuge. Der jährliche Input an Gebrauchsgütern beinhaltet jene Menge an Gebrauchsgütern, die jährlich neu angeschafft wird.

Da es nicht möglich ist, den genauen Input an Gebrauchsgütern zu erheben, wird eine Abschätzung für diese Größe angenommen. Die genaue Gebäudeaufnahme bietet eine sehr gute Datengrundlage zur Quantifizierung des Lagerbestandes an Gebrauchsgütern. Hierfür wurde an der Abteilung für Abfallwirtschaft jedes Möbelstück und Elektrogerät erfasst (siehe „Erhebung Lagerbestand Gebrauchsgüter“ Anhang - Seite A) und das Gewicht abgeschätzt, bzw. mit der Produktliste eines Büromöbelherstellers verglichen.

Durch die Wahl eines realitätsnahen Abschreibungszeitraumes werden auf Basis des Lagerbestandes Werte für den Input an Gebrauchsgütern berechnet. Diese Abschätzung gilt unter der Randbedingung, dass alle Güter am Ende ihrer Lebensdauer durch neue ersetzt werden und dass es zu keinem Auf- oder Abbau des Lagerbestandes kommt.

Annahme zur Berechnung des Flusses:

- Abschreibungszeitraum Mobiliar: 15 Jahre
- Abschreibungszeitraum Elektrogeräte und Büroartikel: 5 Jahre
- Der Lagerbestand bleibt konstant: Input=Output (vorhandene Artikel werden am Ende ihrer Lebensdauer entsorgt und durch neue ersetzt)

- Gleichmäßige jährliche Abschreibung über den Abschreibungszeitraum

(In der Berechnung wird jedes Jahr ein Fünfzehntel bzw. ein Fünftel des Lagers entsorgt und erneuert)

[Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft TU-Wien (2002)]

Tabelle 28 - Input Gebrauchsgüter INF gesamte Fakultät (=Output)

Artikel	Gewicht gesamt [t]	Abschreibungszeitraum [a]	Input/Jahr [t/a]
Mobiliar	350	15	23
Elektrogeräte und Bürobedarf	12	5	2,4
Gesamt:	362		25

Die Ergebnisse wurden mit Seminararbeiten, die im Wintersemester 2003/2004 im Rahmen der Lehrveranstaltung „Urbaner Stoffhaushalt“ erstellt wurden, verglichen. Die Aufgabe der Seminararbeiten war es, eine Stoffflussanalyse der Abteilung für Abfallwirtschaft zu erstellen. Die dabei ermittelten Werte liegen sie im Großen und Ganzen in derselben Größenordnung.

3.1.2.2. Abfälle Gebrauchsgüter INF - Output

Die Abfälle der Gebrauchsgüter werden gleich angenommen wie der Input an Gebrauchsgütern.

$$\Rightarrow \text{Input} = \text{Output} = \mathbf{25 \text{ t}}$$

3.1.2.3. Baumaterialien Errichtung INF – Input

Bei der Quantifizierung der jährlich verbauten Baustoffmenge und den anfallenden Baurestmassen besteht das selbe Problem wie bei den Gebrauchsgütern. Deshalb werden die selbe Vorgehensweise und die selben Annahmen wie in Kapitel 3.1.2.1 gewählt, um den jährlichen Input und Output an Baumaterialien abzuschätzen. Der einzige

Unterschied ist der Abschreibungszeitraum, der in Tabelle 29 – Baujahr und Abschreibungszeitraum der einzelnen Gebäude“ angeführt ist.

Tabelle 29 – Baujahr und Abschreibungszeitraum der einzelnen Gebäude

Gebäude	Baujahr*	Abschreibungszeitraum** (geschätzt)	jährliche Abschreibung
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10 1040 Wien	~1985	70	1/70
Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien	1818	350	1/350
Institutsgebäude Resselgasse 5 1040 Wien	1831	200	1/200
Aspanggründe Adolf-Blamauergasse 1-3 1030 Wien	~1920	100	1/100
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7 1040 Wien	1759	250	1/250
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9 1040 Wien	~1759	250	1/250
Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien	~1800	250	1/250
Institutsgebäude Karlgasse 13 1040 Wien	~1950	70	1/70
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3 1030 Wien	~1900	120	1/120

* Die Daten wurden von Frau Dr. Mikoletzky – Universitätsarchiv zur Verfügung gestellt.

** Die gesamte Lebensdauer der Gebäude wurde abschätzt:
2002-Baujahr+zukünftige Gebäudelebensdauer

In Tabelle 30 – Gesamter Input an Baumaterialien 2002“ werden die in Kapitel 3.1.2.6 errechneten Baumassen der einzelnen Gebäude mit deren jährlichen Abschreibungen multipliziert und somit der gesamte Input an Baumaterialien für das Jahr 2002 ermittelt.

Tabelle 30 – Gesamter Input an Baumaterialien 2002

Gebäude	jährliche Abschreibung	ermittelte Baumasse [t]	Güterfluss 2002 [t]
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10 1040 Wien	1/70	650	9,3
Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien	1/350	28000	80
Institutsgebäude Resselgasse 5 1040 Wien	1/200	260	1,3
Aspanggründe Adolf-Blamauergasse 1-3 1030 Wien	1/100	10000	100
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7 1040 Wien	1/250	14	0,1
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9 1040 Wien	1/250	220	0,9
Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien	1/250	4200	17
Institutsgebäude Karlgasse 13 1040 Wien	1/70	68	1,0
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3 1030 Wien	1/120	1000	8,3
Gesamt:			220

⇒ Baumaterialien Errichtung INF – Input: **220 t/a**

3.1.2.4. Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF – Input

Hierfür konnten leider keine genauen Daten erhoben werden.

Somit wird angenommen, dass der Input „Baumaterialien Renovierung und Erhaltung“ 10% des Inputs „Baumaterialien Errichtung INF“ beträgt:

⇒ 10% von 220t = **22 t/a**

3.1.2.5. Baurestmassen INF – Output

Die Baurestmassen ergeben sich aus der Summe von „Baumaterialien Errichtung INF“ und „Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF“:

⇒ Baurestmassen INF Output=**240 t/a**

3.1.2.6. Lagerbestand Baumaterialien INF

Baustoffe definieren die örtliche Systemgrenze und gehen somit als großer Masseanteil in das System ein. Da jedoch die Gebäude der TU-Wien z.T. Mitte des 18. Jh. erbaut wurden und somit vor dem Bezugsjahr 2002 (zeitliche Systemgrenze) bereits bestanden, schlagen sich diese einerseits als Lager, andererseits als Güterfluss „Baumaterialien Errichtung INF“ (Seite 36) im System nieder.

Bei der Erhebung der Bausubstanz werden Mauerwerk, Decken, Böden sowie Fenster und Türen berücksichtigt.

Mobiliar und elektronische Geräte werden beim Güterfluss „Gebrauchsgüter INF“ (Seite 35) berücksichtigt. Der Anteil an Leitungen (Gas, Wasser, Strom) wird abgeschätzt und hinzugerechnet. Die Ergebnisse liegen als Massen vor.

Zur Berechnung des Lagers an Baumaterialien werden Bestandspläne von Fakultätsräumlichkeiten in vier unterschiedlichen Gebäuden (Karlsplatz 13, Wiedner Hauptstr. 8-10, Aspanggründe, Resselgasse 5) der Fakultät herangezogen, die unterschiedlich in Bezug auf Baujahr bzw. Bauweise sind. Die erhaltenen Tonnagen werden durch die betrachtete Nutzfläche dividiert. Somit ergibt sich für jedes Gebäude ein spezifischer Faktor für die Baumasse [t/m²].

Die Faktoren für die restlichen Gebäude werden anhand der Ergebnisse abgeschätzt.

Tabelle 31 - Erhobene Baumasse an vier Objekten – gebäudespezifische Faktoren

Institut Nr.	Gebäude	Nutzfläche [m ²]	erhobene Baumasse [t]	Faktor Baumasse [t/m ²]
E201	Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10 1040 Wien	315	650	2,06
E226	Hauptgebäude Karlsplatz 13 1040 Wien	1050	4300	4,10
E226	Institutsgebäude Resselgasse 5 1040 Wien	88	260	2,95
-	Aspanggründe (Funke-Halle) Adolf-Blamauergasse 1-3 1030 Wien	1078	1800	1,67
-	Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7 1040 Wien	-	-	2,70
-	Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9 1040 Wien	-	-	2,70
-	Institutsgebäude Gusshausstr. 28 1040 Wien	-	-	2,70
-	Institutsgebäude Karlgasse 13 1040 Wien	-	-	2,70
	ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3 1030 Wien	-	-	1,67

Die großen Unterschiede der Faktoren ergeben sich aus folgenden Gründen:

- ⇒ Das Hauptgebäude ist aufgrund des Alters ein sehr massives Gebäude
- ⇒ Obwohl andere Gebäude in etwa zur gleichen Zeit gebaut worden sind (z.T. sehr massiv), ergibt sich beim Hauptgebäude der hohe Faktor durch die großen Raumhöhen.
- ⇒ Die Gebäude auf den Aspanggründen und im Arsenal sind zum größten Teil Leichtbauhallen.

Somit ergibt sich, wie aus Tabelle 32 - Berechnung Lagerbestand Baumasse Fakultät gesamt" – Seite 41 ersichtlich - für die gesamte Fakultät folgendes Lager an Baumaterialien. Die Nutzfläche ist nur die

Fläche, die von der Fakultät für Bauingenieurwesen im jeweiligen Gebäude in Anspruch genommen wird (exklusive Gänge, etc.).

Tabelle 32 - Berechnung Lagerbestand Baumasse Fakultät gesamt

Gebäude	Nutzfläche Fakultät [m ²]	Faktor [t/m ²]	Baumasse [t]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	6716	4,10	28000
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	5	2,70	14
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	315	2,06	650
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	81	2,70	220
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	1540	2,70	4200
Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	5938	1,67	10000
Institutsgebäude Resselgasse 5	88	2,95	260
Institutsgebäude Karlgasse 13	25	2,70	68
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	621	1,67	1000
Gesamte Fakultät	15329	-	44000

3.1.2.7. Lagerbestand Gebrauchsgüter INF

Tabelle 33 - Lagerbestand Gebrauchsgüter gesamte Fakultät

Artikel	Nutzfläche Fakultät [m ²]	Gewicht/ Nutzfläche [t/m ²]	Mitarbeiter Fakultät	Gewicht/ Mitarbeiter [t]	~ Gewicht gesamt [t]
Mobiliar	15329	0,024	-	-	370
Elektrogeräte und Bürobedarf	-	-	276	0,038	11
Gesamt:	-			-	380

3.1.3. Prozess Gebäudebetrieb (GEB)

3.1.3.1. Trinkwasser GEB

Siehe Trinkwasser LFO Seite 21

⇒ 20% von 4000 t/a = **800 t/a**

3.1.3.2. Erdgas GEB

Erdgas kommt nur mehr in zwei Gebäuden (Hauptgebäude Karlsplatz 13, Institutsgebäude Resselgasse 5) zum Einsatz. Im Hauptgebäude verbrauchen vereinzelte Durchlauferhitzer Erdgas. Es liegen zwar genaue Daten der Gaszähler über den gesamten Gasverbrauch der Gebäude vor, jedoch gibt es keine Informationen über den genauen Standort der Durchlauferhitzer, somit wäre es ein falscher Ansatz, den gesamten Erdgasverbrauch des Hauptgebäudes auf die Nutzfläche der Fakultät umzurechnen. Tabelle 34 – Ermittlung der gebäudespezifischen Faktoren Erdgasverbrauch [m^3/m^2]“ zeigt ganz deutlich, wie sehr die errechneten Faktoren voneinander abweichen.

Laut Auskunft der Abteilung Gebäude und Technik soll das Hauptgebäude 2006 „erdgasfrei“ und komplett auf Fernwärme umgestellt sein.

Im Gebäude Resselgasse 5 hingegen wird Erdgas noch zum Heizen und zum Erhitzen von Wasser verwendet.

Tabelle 34 – Ermittlung der gebäudespezifischen Faktoren Erdgasverbrauch [m^3/m^2]

Gebäude	Nutzfläche gesamt [m^2]	Erdgasverbrauch/a (lt. Zähler) [m^3/a]	gebäudespezifischer Erdgasverbrauch/ Nutzfläche [m^3/m^2]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	38250	1530	0,04
Institutsgebäude Resselgasse 5	851	5994	7,04

Tabelle 35 – Erdgasverbrauch der gesamten Fakultät

Gebäude	Nutzfläche der Fakultät [m ²]	gebäudespezifischer Erdgasverbrauch/ Nutzfläche [m ³ /m ²]	Erdgasverbrauch gesamte Fakultät [m ³]
Institutsgebäude Resselgasse 5	88,0	7,04	620
Gesamt			620

Aus den oben angeführten Gründen, wird die Annahme getroffen, dass zum Gebäudebetrieb der Fakultät im Hauptgebäude Karlsplatz 13 kein Erdgas benötigt wird. Somit beschränkt sich der Erdgasverbrauch der gesamten Fakultät auf das Gebäude Resselgasse 5.

Die Dichte von Erdgas beträgt in etwa 0,7 kg/m³ [OMV AG 2004, Internet]. Somit ergibt sich ein Gesamtjahresinput von Erdgas in das System von **0,4 t/a**.

Zum Vergleich mit anderen Energieträgern wird der Gasverbrauch in die Einheit MWh umgerechnet. Mit einem Heizwert von 9,03 kWh/m³ [DVFG 2004, Internet] ergibt sich somit ein Gasverbrauch von rund **5,6 MWh/a**.

3.1.3.3. Verbrennungsluft GEB

Dies ist die Luft, die für die Verbrennung von Erdgas benötigt wird. Der spezifische Luftbedarf zur Verbrennung der Gasmenge wird mit 13,3 kg.Luft/kg.Gas [Bachert 2004, Internet] angenommen und führt somit zu einem Input an Verbrennungsluft von rund **5,8 t/a**.

3.1.3.4. Fernwärme GEB

Die Berechnung des Fernwärme-Inputs erfolgt wieder über die Berechnung gebäudespezifischer Faktoren, die sich aus dem gesamten Fernwärmeverbrauch und der Gesamtnutzfläche eines jeden Gebäudes ergeben.

Tabelle 36 - Berechnung des gebäudespezifischen Fernwärmeverbrauch-Faktors (MWh/m²)

Objekt	Fernwärmeverbrauch des gesamten Objekts [MWh]	Nutzfläche des gesamten Objekts [m²]	Faktor Fernwärmeverbrauch/ Nutzfläche [MWh/m²]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	4299,22	34911,54	0,123
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	-	1671,29	-
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	3203,18	63559,90	0,050
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	-	447,39	-
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	593,45	2058,39	0,288
Transalpinahalle Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	103,63	507,98	0,204
Transalpinahalle neu Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	169,67	1825,97	0,093
Hirnböckhalle Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	-	2355,49	-
Institutsgebäude Resselgasse 5	-	852,04	-
Institutsgebäude Karlsgrasse 13	443,69	921,69	0,481
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	-	626,69	-

Tabelle 37 – Fernwärmeverbrauch gesamte Fakultät [MWh]

Objekt	Nutzfläche der Fakultät im jeweiligen Objekt [m²]	Faktor Fernwärmeverbrauch/ Nutzfläche [MWh/m²]	Fernwärmeverbrauch gesamte Fakultät [MWh]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	6715,70	0,123	830
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	-	-	-
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	315,00	0,050	16
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	-	-	-
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	1540,00	0,288	430
Transalpinahalle Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	285,44	0,204	60
Transalpinahalle neu Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	1742,85	0,093	160
Hirnböckhalle Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	-	-	-
Institutsgebäude Resselgasse 5	-	-	-
Institutsgebäude Karlgasse 13	25,00	0,481	12
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	-	-	-
Gesamt:			1500

3.1.3.5. Strom GEB

Die Berechnung des Strom-Inputs erfolgt wie bei der Fernwärme über die Berechnung gebäudespezifischer Faktoren, die sich aus dem gesamten Stromverbrauch und der Gesamtnutzfläche eines jeden Gebäudes ergeben.

Tabelle 38 - Berechnung des gebäudespezifischen Stromverbrauch-Faktors (MWh/m²)

Objekt	Stromverbrauch des gesamten Objekts [MWh]	Nutzfläche des gesamten Objekts [m ²]	Faktor Stromverbrauch/ Nutzfläche [MWh/m ²]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	2043,2	36582,83*	0,056
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	Bei Hauptgebäude inkludiert	1671,29	-
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	11211,3	82889**	0,135
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	1,7	447,39	0,004
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	312,6	2058,39	0,152
Aspanggründe gesamt Adolf-Blamauer-Str. 1-3	333,3	8708,48***	0,038
Institutsgebäude Resselgasse 5	1,9	852,04	0,002
Institutsgebäude Karlgasse 13	1,8	921,69	0,002
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	Keine Daten	626,69	-

* Der Stromverbrauch für das Hauptgebäude und das Goldene Lamm (Wiedner Hauptstr. 7) wurden von der Abteilung für Gebäude und Technik TU Wien zusammengefasst. Deshalb setzt sich die Nutzfläche wie folgt zusammen: 34911,54+1671,29=36582,83

** Diese Flächenangabe beinhaltet auch die Wiedner Hauptstr. 6 (Bibliothek), da der Wasserzähler den Wasserverbrauch beider Gebäude erfasst.

*** Auf den Aspanggründen wird der Stromverbrauch zentral erfasst und lässt sich nicht auf die einzelnen Hallen aufteilen.

Tabelle 39 - Stromverbrauch gesamte Fakultät [MWh]

Objekt	Nutzfläche der Fakultät im jeweiligen Objekt [m²]	Faktor Stromverbrauch/ Nutzfläche [MWh/m²]	Stromverbrauch gesamte Fakultät [MWh]
Hauptgebäude Karlsplatz 13	6715,70	0,056	380
Goldenes Lamm Wiedner Hauptstr. 7	5,00	0,056	0,3
Freihaus Wiedner Hauptstr. 8-10	315,00	0,135	43
Ödenburg Wiedner Hauptstr. 9	81,00	0,004	0,3
Institutsgebäude Gusshausstr. 28	1540,00	0,152	230
Transalpinahalle Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	285,44	0,038	11
Transalpinahalle neu Aspanggründe Adolf-Blamauer-Str. 1-3	1742,85	0,038	66
Institutsgebäude Resselgasse 5	88,00	0,002	0,2
Institutsgebäude Karlgasse 13	25,00	0,481	12
ARSENAL Objekt 214 Franz Grill Str. 3	621,00	0,010*	6,2
Gesamt:			750

* Da für das Arsenal kein Stromverbrauch vorliegt, wird ein Wert von 0,01 MWh/m² angenommen, da das Objekt 214 im Arsenal mehr oder weniger eine Garage des Straßenbauinstituts ist, wo außer Beleuchtung kaum Stromverbrauch anfällt.

Der Güterfluss „Strom“ wird auf die beiden Prozesse „Lehre/Forschung/Organisation“ (PCs, Labormaschinen, sonstige Aktivitäten) und „Gebäudebetrieb“ (Beleuchtung, sonstige Aktivitäten) im Verhältnis 30:70 aufgeteilt. Dies ist eine Annahme, da eine genauere Datengrundlage nicht vorhanden ist.

Die oben erhaltenen 750 MWh ist der gesamte ermittelte Stromverbrauch der Fakultät:

⇒ 70% von 750 ~ **530 MWh/a**

3.1.3.6. Abwasser GEB

Da in den Objekten der Fakultät keine nennenswerten Mengen an Wasser versickert werden, gelangt der Fluss an Trinkwasser nach Verwendung als Abwasser in den Kanal:

⇒ Wasserinput=Wasseroutput=**800 t/a**

3.1.3.7. Abgas GEB - Output

Die Abgasmenge aus der Verbrennung von Erdgas ergibt sich als Summe aus „Verbrennungsluft GEB“ (5,8 t/a) und „Erdgas GEB“ (0,4 t/a) mit **6,2 t/a**.

3.1.4. Prozess Transport (TRA)

3.1.4.1. Neue Fahrzeuge TRA – Input

Der jährliche Input und Output des Gebrauchsgutes „Fahrzeug“ wird wie bei den Gebrauchsgütern und Baumaterialien über die Annahme eines Abschreibungszeitraumes berechnet. Dieser wird hier mit 7,5 Jahren angenommen.

Tabelle 40 – Abschreibung und Ermittlung des Güterflusses „Fahrzeuge TRA“

Lagerbestand TRA [t]	jährliche Abschreibung	Güterfluss TRA 2002 [t]
1,5	1/7,5	0,2
Gesamt:		0,2

3.1.4.2. Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA – Output

Siehe Kapitel 3.1.4.1 Neue Fahrzeuge TRA – Input.

⇒ Input=Output=**0,2 t/a**

3.1.4.3. Treibstoff TRA - Input

Das einzige KFZ der Fakultät besitzt das Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (E226). Es handelt sich hierbei um einen „Fiat Scudo“ – Transporter. Der Treibstoffverbrauch dieses Fahrzeuges wurde über die Diesel-Rechnungen ermittelt. Mit Dichte des Treibstoffes (Diesel) wurde der Güterfluss errechnet.

Tabelle 41 – Umrechnung Treibstoffverbrauch KFZ Fakultät von Liter in Tonnen

KFZ der Fakultät	Treibstoffverbrauch [l]	Dichte Diesel [kg/l]	Verbrauch [t]
Fiat Scudo U64	2850	0,83*	2,37
Gesamte Fakultät			2,4

* [Quelle: http://www.oeamtc.at/netautor/html_seiten/dieseltest/gesamt.html]

3.1.4.4. Verbrennungsluft TRA - Input

Für die Ermittlung des Luftbedarfs der Verbrennung von Diesel, wurde ein Wert von 15 kg Luft/kg Diesel verwendet. [Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft TU-Wien (2002)]

Tabelle 42 – Verbrauch Verbrennungsluft für KFZ Fakultät

Treibstoffverbrauch Fakultät [t]	Luftbedarf [kg/kg.Diesel]	Verbrauch Verbrennungsluft [t]
2,37	15	37
Gesamte Fakultät		37

3.1.4.5. Abgas TRA - Output

Der Güterfluss „Abgas TRA“ ergibt sich als Summe aus Treibstoff und Verbrennungsluft.

Tabelle 43 – Abgas Prozess Transport

Gut	Güterfluss [t]
Treibstoff TRA	2,4
Verbrennungsluft TRA	37
Güterfluss Abgas TRA	39

3.1.4.6. Lagerbestand TRA**Tabelle 44 – Lagerbestand Transport (KFZ) der Fakultät**

KFZ der Fakultät	Anzahl [Stk.]	Eigengewicht geschätzt [t]
Fiat Scudo U64	1	1,5
Gesamte Fakultät	1	1,5

3.2. Zusammenfassung der Ergebnisse und Fehlerabschätzung der Daten

In Tabelle 45 sind sämtliche Güter- und Energieflüsse nach Prozessen zusammengefasst. Außerdem wird eine Fehlerabschätzung in Prozent durchgeführt.

Da man Güter- und Energieflüsse aufgrund der physikalischen Einheiten nur beschränkt miteinander vergleichen kann, wird das System nach Güter- und Energieflüssen getrennt betrachtet. Die Summen, die in den Zeilen „Gesamt“ angeführt sind, beinhalten zwei Werte:

Der erste Wert ist die Summe der Güterflüsse [t/a], der zweite Wert (in Klammer) ist die Summe der Energieflüsse (Strom, Erdgas, Fernwärme) [MWh/a]. Die gesamte Fehlerabschätzung ist das arithmetische Mittel aller Güter- und Energieflüsse.

Bei der Fehlerabschätzung werden nur die Fehler, die durch selbst getroffene Annahmen und Hochrechnungen entstehen berücksichtigt.

D.h. es wird davon ausgegangen, dass Daten, die von vertrauenswürdigen Quellen stammen (Abfallmengen, Strom, Fernwärme, Erdgas, etc.), zu 100% stimmen korrekt sind.

Tabelle 45 – Zusammenfassung der Güterflüsse nach Prozessen und Fehlerabschätzung der Daten gesamte Fakultät

Prozess Lehre/Forschung/Organisation (LFO)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Verbrauchsgüter LFO	51	180	40%	Abfälle Verbrauchsgüter LFO	60	220	30%
Externer Input LFO	10	36	30%	Postausgang LFO	0,8	3	50%
Lagerinput Akten LFO	1,4	5,1	50%	Abwasser LFO	3200	12000	50%
Strom LFO	(220)	(800)	20%				
Trinkwasser LFO	3200	12000	50%				
Gesamt	3300 (220)	12000 (800)	38%	Gesamt	3300	12000	43%
Prozess Infrastruktur (INF)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Gebrauchsgüter INF	25	91	30%	Abfälle Gebrauchsgüter INF	25	91	30%
Baumaterialien Errichtung INF	220	800	50%	Baurestmassen INF	240	900	50%
Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF	22	80	70%				
Gesamt	270	1000	50	Gesamt	270	1000	40%

Prozess Gebäudebetrieb (GEB)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Trinkwasser GEB	800	2900	50%	Abwasser GEB	800	2900	50%
Erdgas GEB	0,4	1	30%	Abgas GEB	6,2	22	30%
Verbrennungsluft GEB	5,8	21	30%				
Fernwärme GEB	(1500)	(5400)	20%				
Strom GEB	(530)	(1900)	20%				
Gesamt	800 (2000)	2900 (7300)	30%	Gesamt	800	2900	40%

Prozess Transport (TRA)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Neue Fahrzeuge TRA	0,2	0,7	20%	Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA	0,2	0,7	20%
Treibstoff TRA	2,4	8,7	5%	Abgas TRA	39	140	5%
Verbrennungsluft TRA	37	130	5%				
Gesamt	40	140	5%	Gesamt	40	140	5%

Die Werte sind auf zwei signifikante Stellen gerundet.

* Die in Klammern gestellten Werte sind in der Einheit [MWh/a].

** Die in Klammern gestellten Werte sind in der Einheit [kWh/MA] (MA...Mitarbeiter)

Tabelle 46 - Zusammenfassung der Lager nach Prozessen und Fehlerabschätzung der Daten gesamte Fakultät

Prozess Lehre/Forschung/Organisation (LFO)				
LAGER				
Gut	Lager am 1.1.2002		Fehler [%]	Zuwachs [%]
	[t]	[kg/MA]		
Lagerbestand Akten LFO	71	260	50%	±0
Lagerbestand Trinkwasser LFO	1000	3600	0%	±0
Gesamt	1100	3900	25%	

Prozess Infrastruktur (INF)				
LAGER				
Gut	Lager am 1.1.2002		Fehler [%]	Zuwachs
	[t]	[kg /MA]		
Lagerbestand Baumaterialien INF	44000	160000	30%	±0
Lagerbestand Gebrauchsgüter INF	380	1400	20%	±0
Gesamt	44000	160000	25%	
Prozess Transport (TRA)				
INPUTS			OUTPUTS	
Gut	Lager am 1.1.2002		Fehler	Zuwachs
	[t]	[kg /MA]		
Lagerbestand Transport TRA	1,5	5,4	5%	±0
Gesamt	1,5	5,4	5%	

3.3. Darstellung

Abb. 3 – Güterflüsse der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Güterflüsse gesamtes System

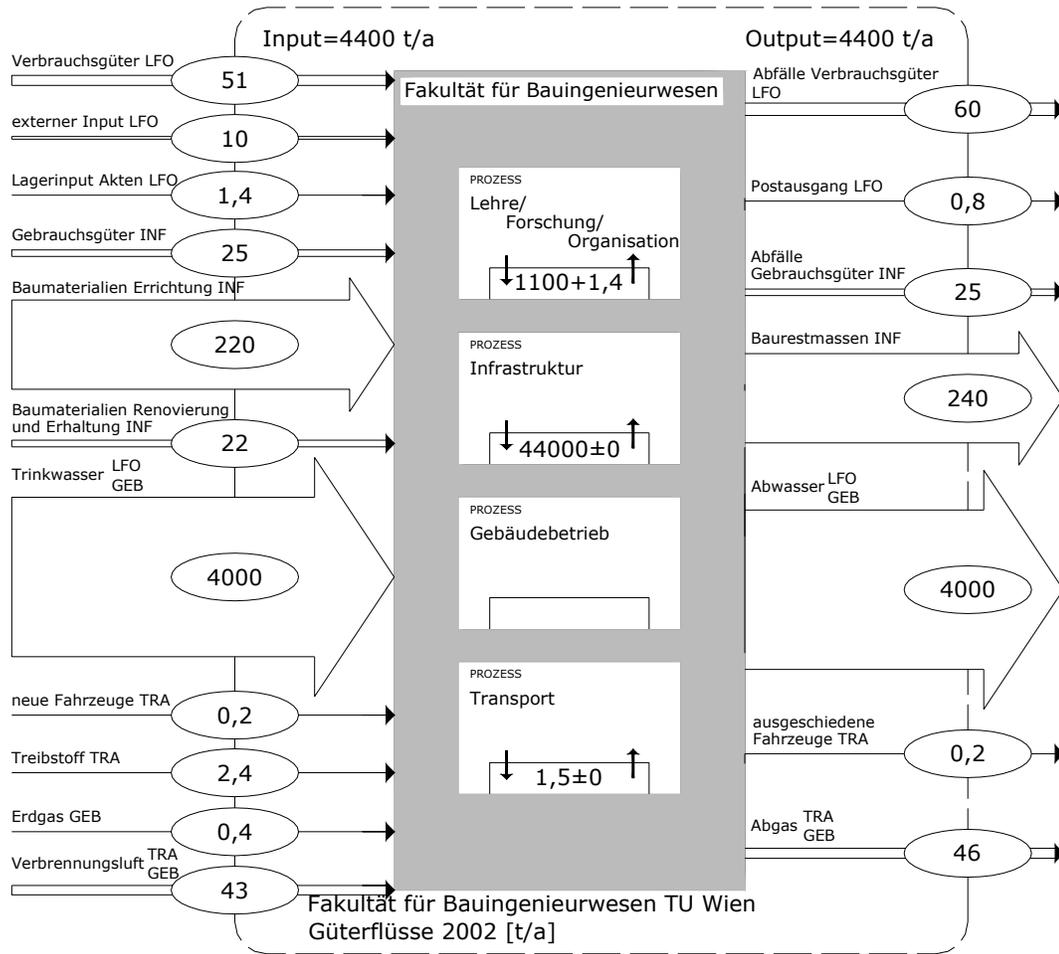


Abb. 4 - Energieflüsse der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Energieflüsse gesamtes System

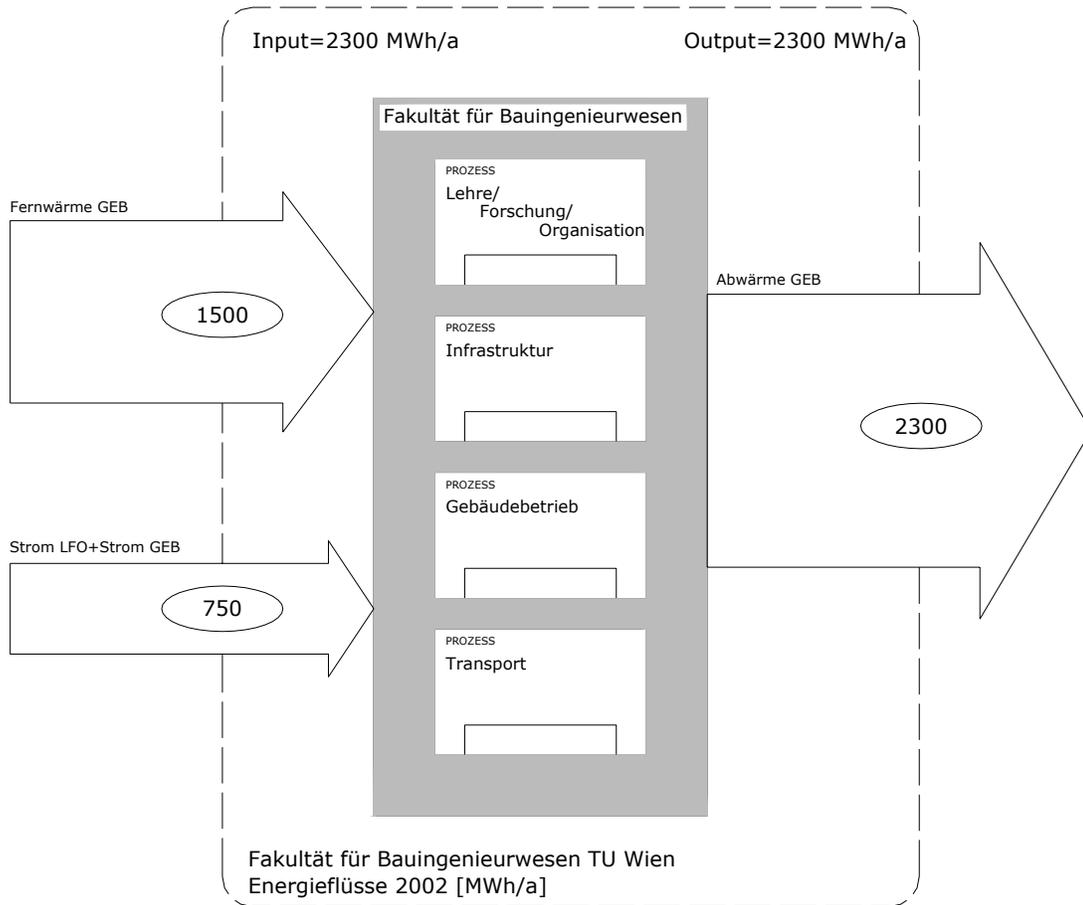


Abb. 5 - Güterflüsse pro Mitarbeiter der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Güterflüsse

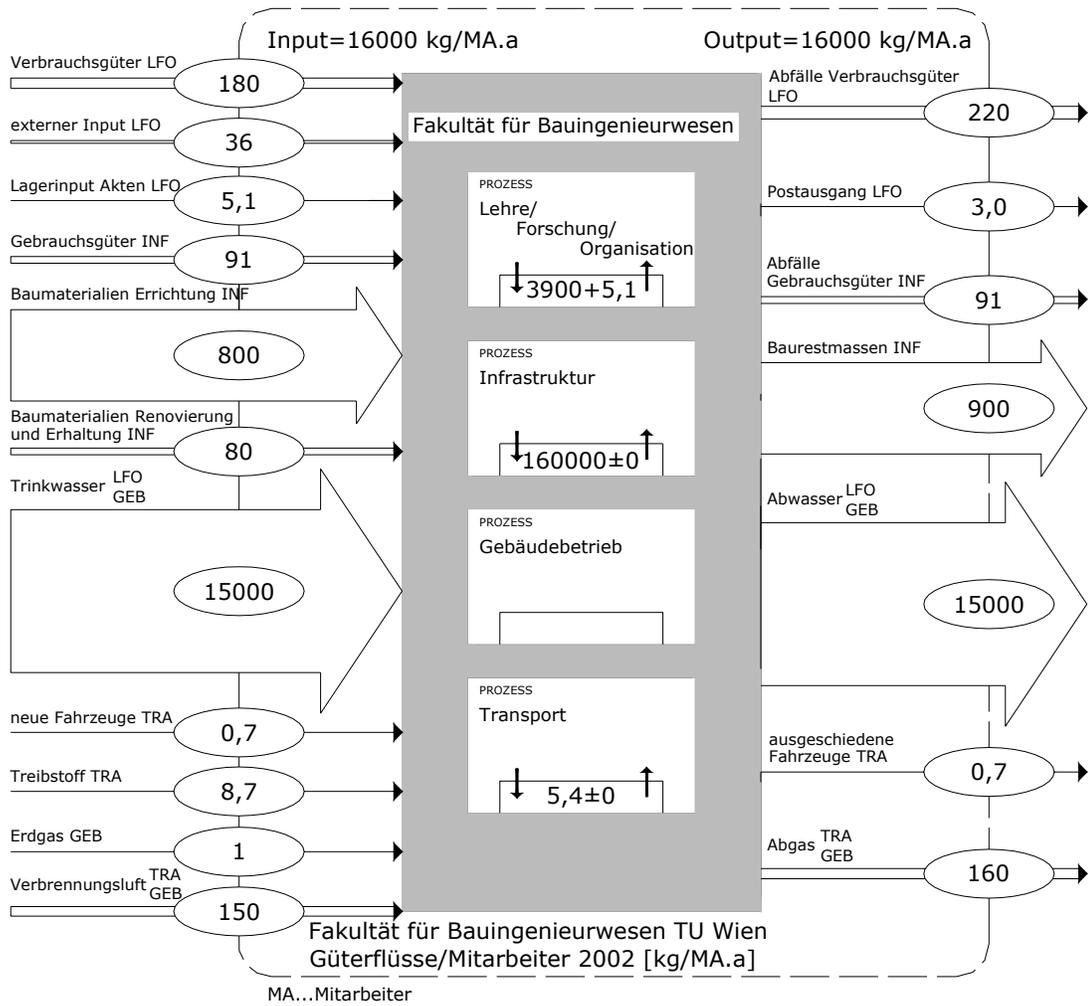


Abb. 6 - Energieflüsse pro Mitarbeiter der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Energieflüsse

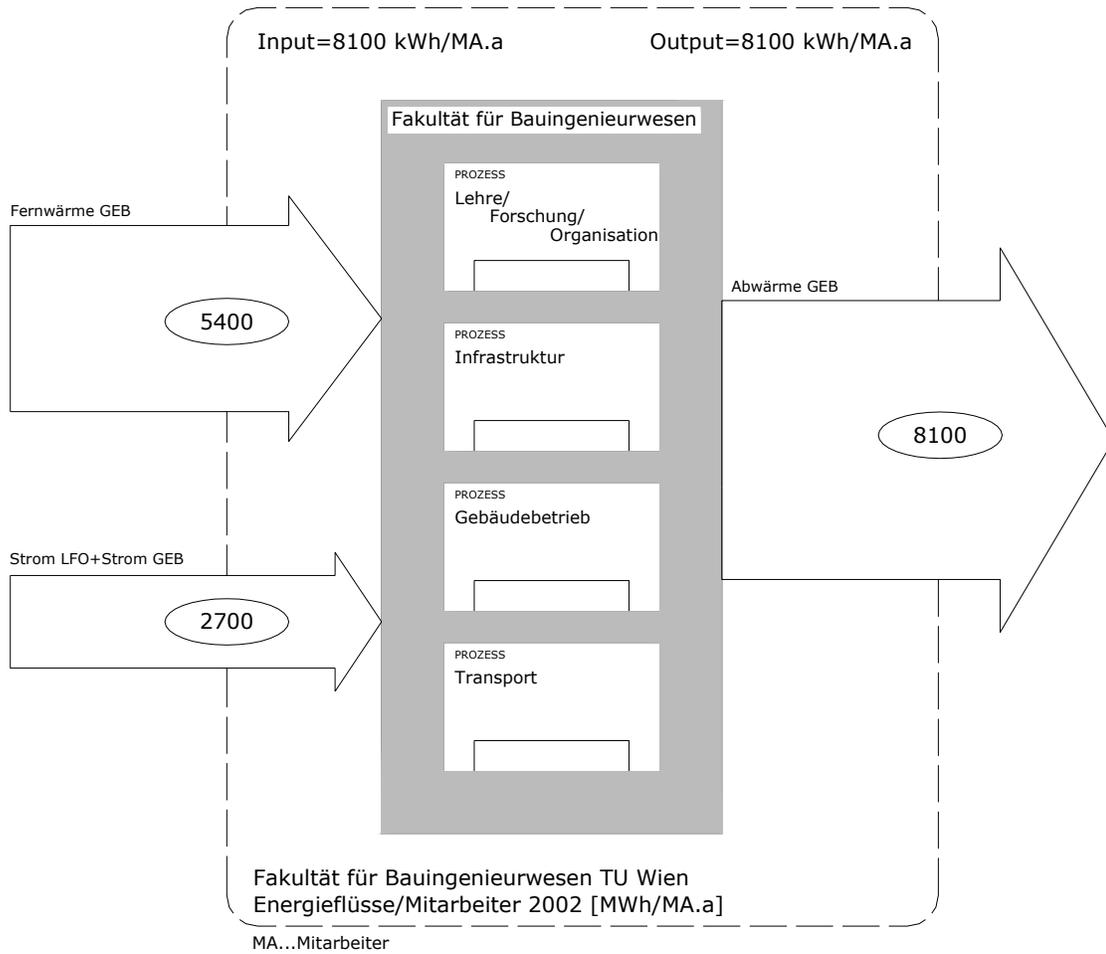


Abb. 7 - Güterflüsse pro Prozess der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Güterflüsse

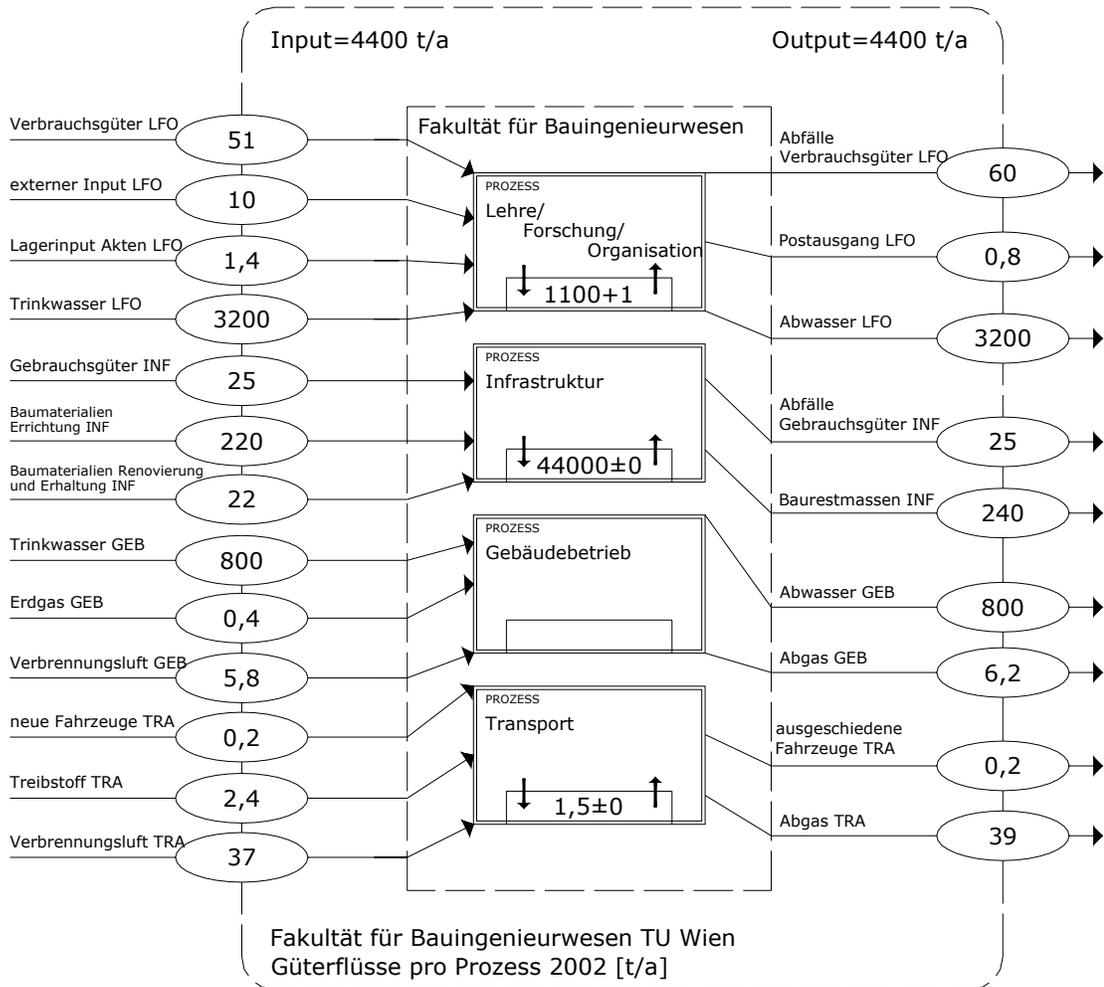
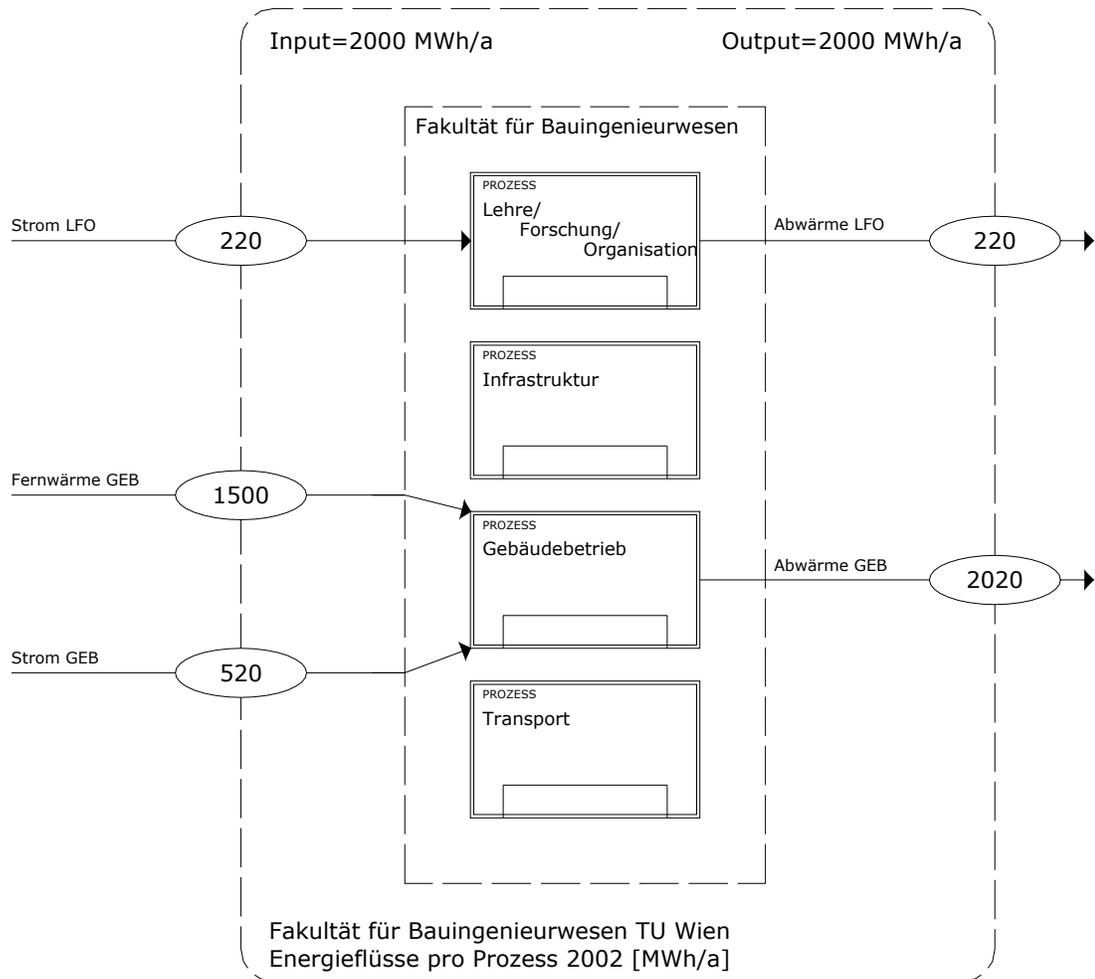


Abb. 8 - Energieflüsse pro Prozess der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Energieflüsse



4. Vergleich mit anderen Universitäten

Beim Universitätsvergleich werden die gesamten Universitäten betrachtet und nicht wie in den vorigen Kapiteln nur die Fakultät für Bauingenieurwesen.

Die verwendeten Flächenangaben bei den Vergleichen der Elektrizität, Wärmebedarf und Wasser sind Nettogeschosßflächen (NFG).

Beim Vergleich der Restmüll- und Altpapiermengen werden aus Mangel an Daten Nutzflächen zur Berechnung herangezogen.

Definition Nettogeschosßfläche:

„Summe der nutzbaren, zwischen den aufgehenden Bauteilen befindlichen Grundflächen eines Bauwerkes.“

Die NGF gliedert sich in:

- ⇒ Nutzfläche (NF)
- ⇒ Funktionsfläche (FF) und
- ⇒ Verkehrsfläche (VF)

Die Nutzfläche ist der Teil der NGF, der der Nutzung des Bauwerkes aufgrund seiner Zweckbestimmung dient.

Die Funktionsfläche ist der Teil der NGF, die der Unterbringung zentraler betriebstechnischer Anlagen dient, sofern diese nicht dem Zweck des ganzen Bauwerkes entspricht.

Die Verkehrsfläche dient dem Zugang zu den Räumen, dem Verkehr innerhalb des Bauwerkes und seinem Verlassen, insbesondere auch im Notfall. Zur NGF gehören auch die Grundflächen von freiliegenden Installationen und fest eingepplanten Gegenständen wie Heizkörper und Einbauschränken. [IIEF GmbH 1997, Internet]

Bei den „pro Kopf“-Verbräuchen werden Mitarbeiter und Studenten addiert.

**Tabelle 47 – Studenten und Mitarbeiter verschiedener Universitäten
(gerundete Werte)**

Universität	Mitarbeiter	Studenten	gesamt
TU Wien	3000	15000	18000
TU Graz	1500	8000	9500
ETH Zürich	6000	12000	18000

Auffallend ist, dass die ETH Zürich bei derselben Studentenzahl die doppelte Mitarbeiterzahl aufweist, was wahrscheinlich auf folgenden Grund zurückzuführen ist:

Bei einem reinen Vorlesungsbetrieb sind geringere pro Kopf-Verbräuche zu erwarten als bei einer hohen Dichte von ständig anwesendem Personal mit reichlich Labortätigkeit. Natürlich finden auch auf der TU Wien Labortätigkeiten statt, die jedoch auf der ETH intensiver sein dürften.

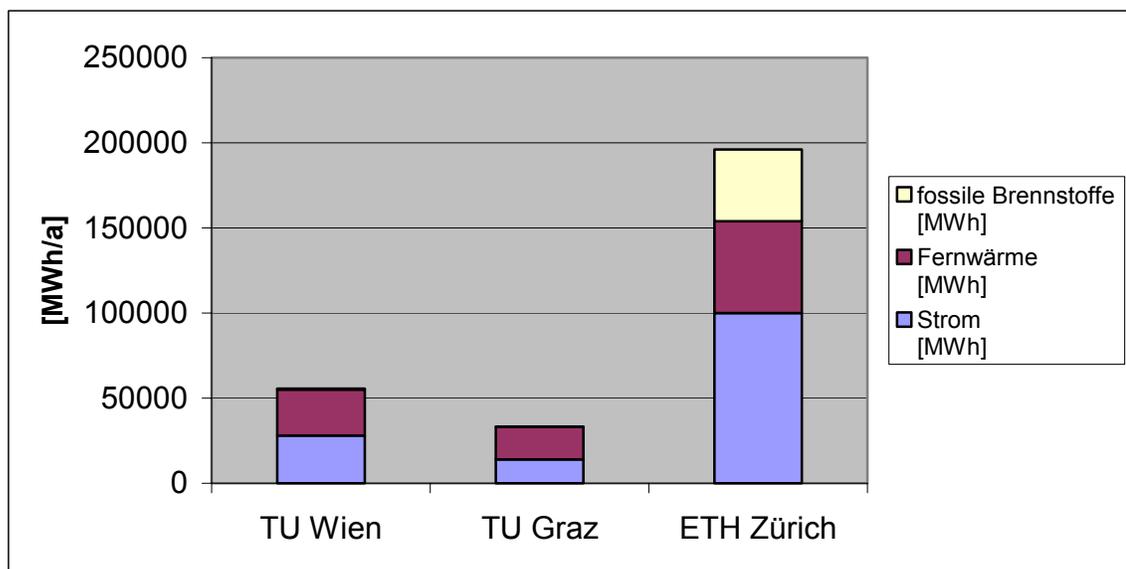
Ein weiterer Grund könnten aber auch Personaleinsparungen in Österreich sein.

4.1. Vergleich gesamte Energie

Tabelle 48 – gesamter Energieverbrauch Universitäten 2002

Universität	Strom [GWh]	Fernwärme [GWh]	fossile Brennstoffe [GWh]	gesamt [GWh]
TU Wien	28	27	0,5	56
TU Graz	14	19	0,2	33
ETH Zürich	100	54	42	196

Abb. 9 - Vergleich Universitäten gesamter Energieverbrauch 2002



4.2. Vergleich Elektrizität

Tabelle 49 – Vergleich Universitäten Stromverbrauch

Universität	Jahr	Netto- geschoß- fläche [m ²]	Personal & Studenten	Strom [MWh]	kWh/ m ² .a	kWh/ Person.a
TU Wien	2002	280000	18000	28000	100	1600
TU Graz	2002	180000	9500	14000	78	1500
ETH Zürich	2002	690000	18000	100000	145	5600

Abb. 10 - Vergleich Universitäten Stromverbrauch/m² 2002

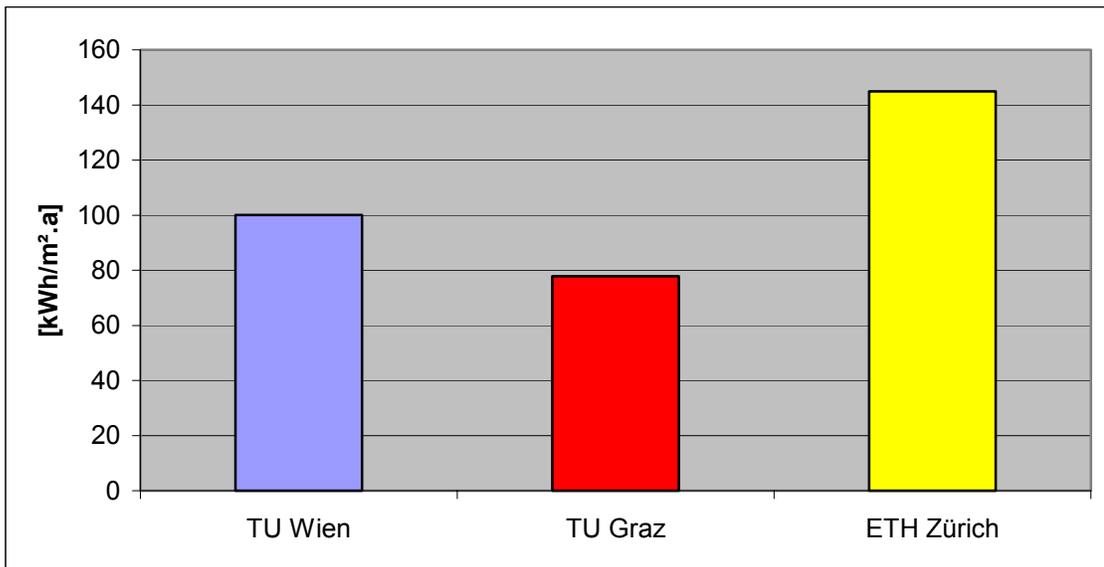
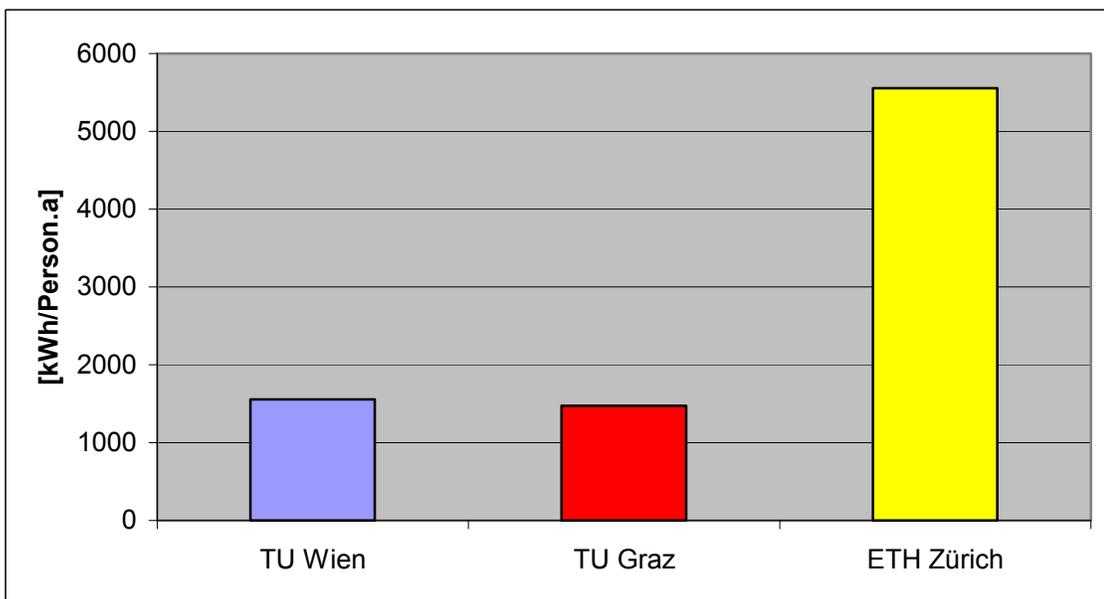


Abb. 11 - Vergleich Universitäten Stromverbrauch/Person



Interpretation der Ergebnisse:

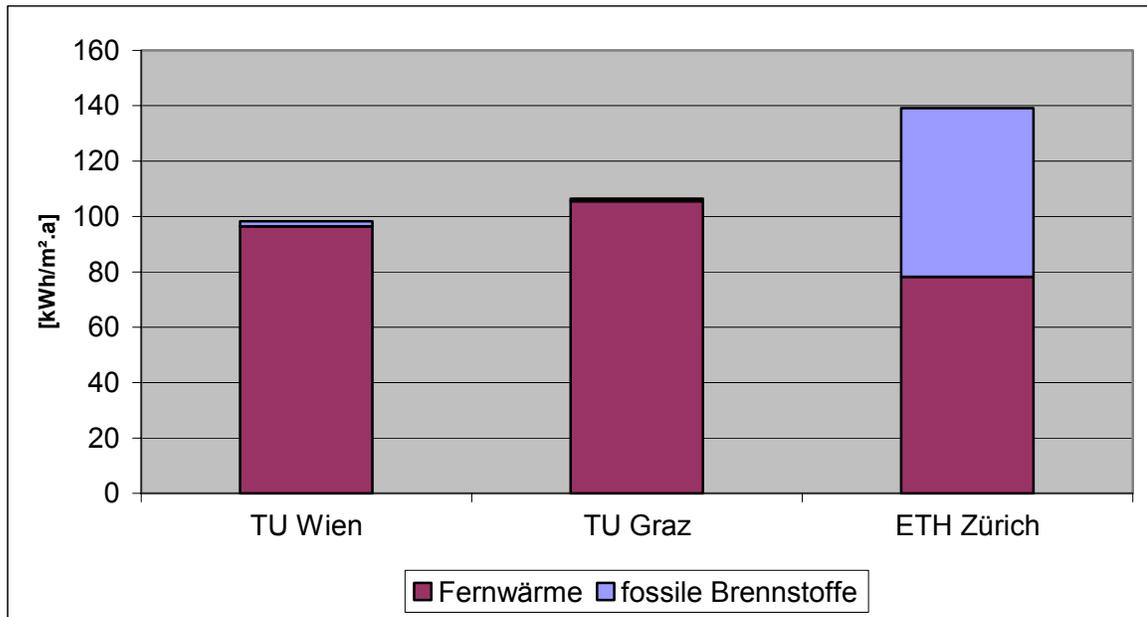
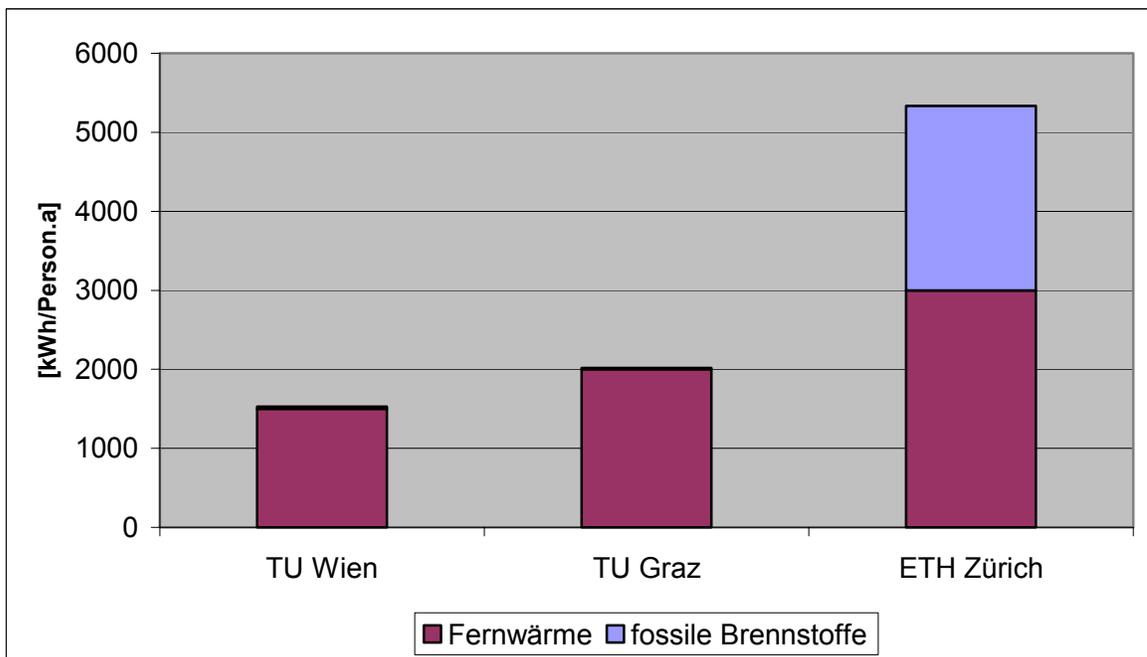
⇒ Die ETH Zürich besitzt eine sehr hohe Dichte an gut ausgerüsteten Laboratorien. Dies erklärt den hohen Stromverbrauch für den Gerätepark. Außerdem beinhalten die Stromdaten auch den Strombedarf für die Wärmepumpe Walche (~ 12%).

4.3. Vergleich Wärmebedarf**Tabelle 50 - Vergleich Universitäten Wärmebedarf gesamt 2002**

Universität	Jahr	Fernwärme [MWh]	Wärme aus fossilen Brennstoffen [MWh]	Gesamt [MWh]
TU Wien	2002	27000	520	27520
TU Graz	2002	19000	160	19160
ETH Zürich	2002	54000	42000	96000

Tabelle 51 - Vergleich Universitäten Wärmebedarf pro m² bzw. Person 2002

Universität	Jahr	Fernwärme		Wärme aus fossilen Brennstoffen	
		[kWh/m ²]	[kWh/Person.a]	[kWh/m ²]	[kWh/Person.a]
TU Wien	2002	96	1500	2	29
TU Graz	2002	110	2000	1	17
ETH Zürich	2002	80	3000	61	2300

Abb. 12 - Vergleich Universitäten Wärmebedarf/m² 2002**Abb. 13 - Vergleich Universitäten Wärmebedarf/Person 2002**

Interpretation der Ergebnisse:

- ⇒ Der sehr hohe Anteil an fossilen Brennstoffen an der ETH Zürich ist dadurch zu erklären, dass im Gebäude „ETH Zentrum“ ein Öl-Block-Heizkraftwerk und im Gebäude „ETH Hönggerberg“ ein Gas-Block-Heizkraftwerk in Betrieb ist, bzw. z.T. mit Heizkesseln geheizt wird.
- ⇒ Die Unterteilung in erneuerbare und nicht erneuerbare Energie konnte aus Mangel an Daten leider nicht durchgeführt werden.

4.4. Vergleich Wasser**Tabelle 52 - Vergleich Universitäten Wasserverbrauch**

Universität	Jahr	Nutzfläche [m ²]	Personal & Studenten	Wasserverbrauch [t]	t/m ² .a	t/Stud.a
TU Wien	2002	280000	18000	210000	0,8	12
TU Graz	2002	180000	9500	160000	0,9	17
ETH Zürich	2002	690000	18000	560000	0,8	31

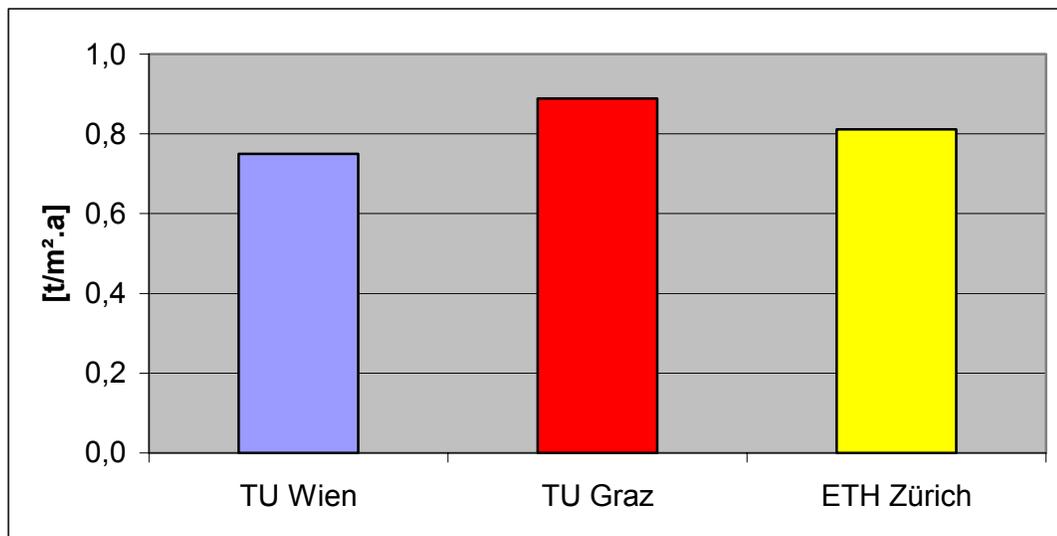
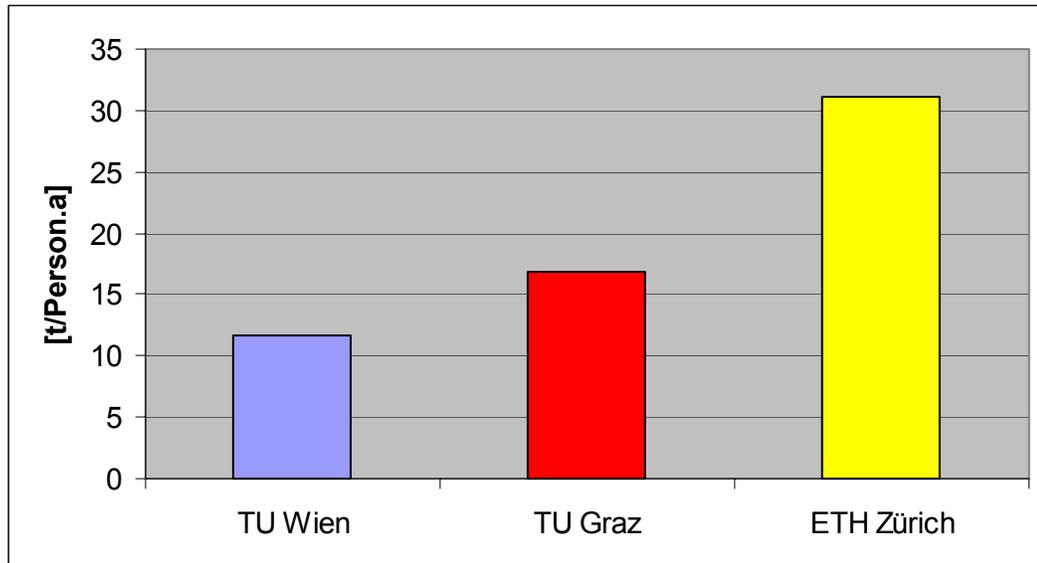
Abb. 14 - Vergleich Universitäten Wasserverbrauch/m² 2002

Abb. 15 - Vergleich Universitäten Wasserverbrauch/Person 2002

Interpretation der Ergebnisse:

- ⇒ Die Zahlen des Wasserverbrauchs beinhalten sowohl Frischwasser, als auch Wasser aus Brunnenanlagen, das z.B. an der ETH Zürich zur Kühlung verwendet wird.
- ⇒ An der ETH Zürich gibt es hybride Kühltürme, die sehr viel Wasser verbrauchen. Dies erklärt auch den großen Unterschied zu den anderen Universitäten.

4.5. Vergleich Restmüll

Tabelle 53 - Vergleich Universitäten produzierte Restmüllmengen

Universität	Jahr	Nutzfläche [m ²]	Personal& Studenten	Restmüll [t]	kg/m ² .a	kg/Stud.a
TU Wien	2002	175000	18300	440	2,5	24
Univ. Sydney	2002/03	380000	41000	344	0,9	8,4

Abb. 16 – Vergleich Universitäten produzierte Restmüllmengen/m² 2002

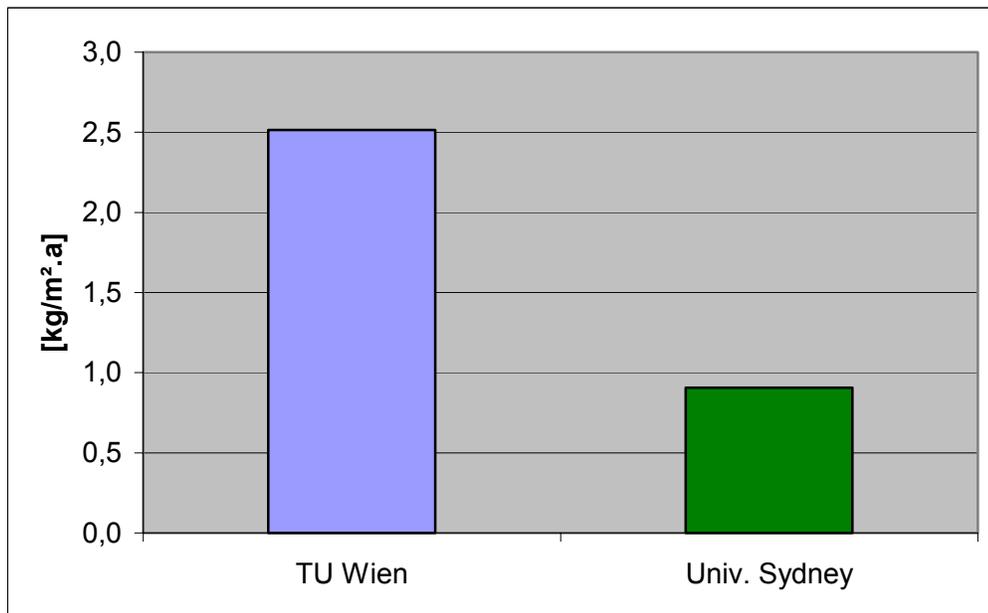
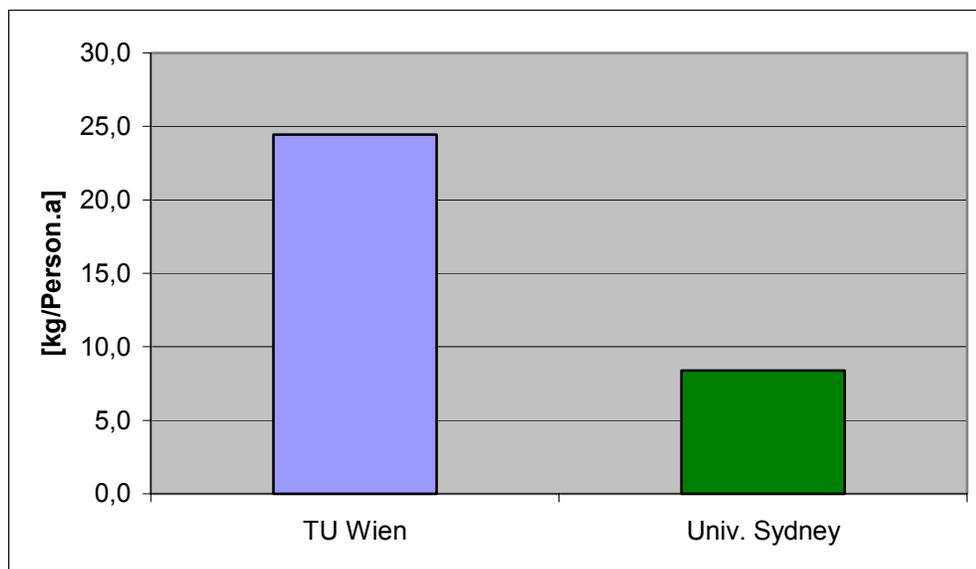


Abb. 17 - Vergleich Universitäten produzierte Restmüllmengen/Student 2002



4.6. Vergleich Altpapier

Tabelle 54 - Vergleich Universitäten produzierte Altpapiermengen 2002

Universität	Jahr	Nutz- fläche [m ²]	Personal & Studenten	Papier [t]	kg/m ² .a	kg/Stud.a
TU Wien	2002	175000	18000	150	0,8	8,2
Univ. Sydney	2002/03	380000	41000	520	1,4	13

Abb. 18 - Vergleich Universitäten produzierte Altpapiermengen/m² 2002

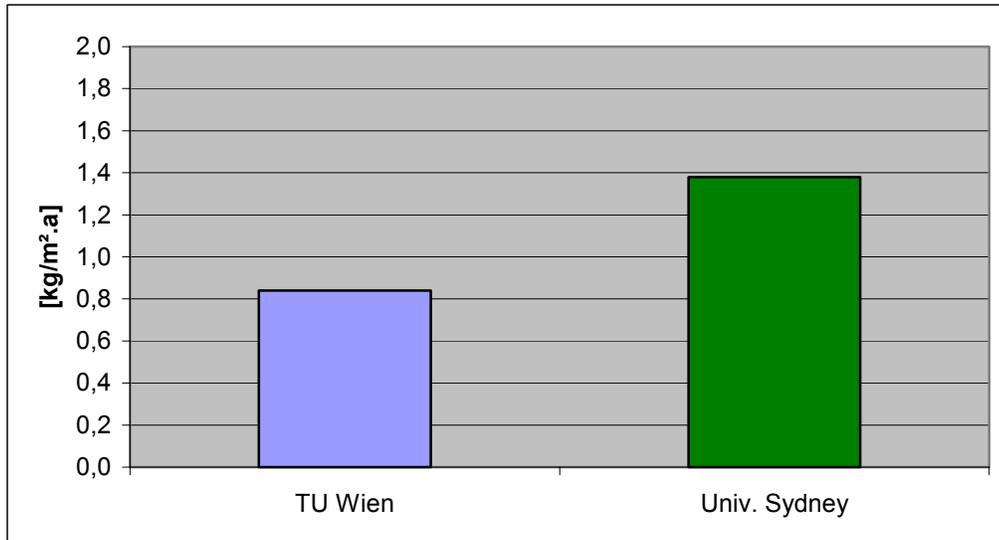
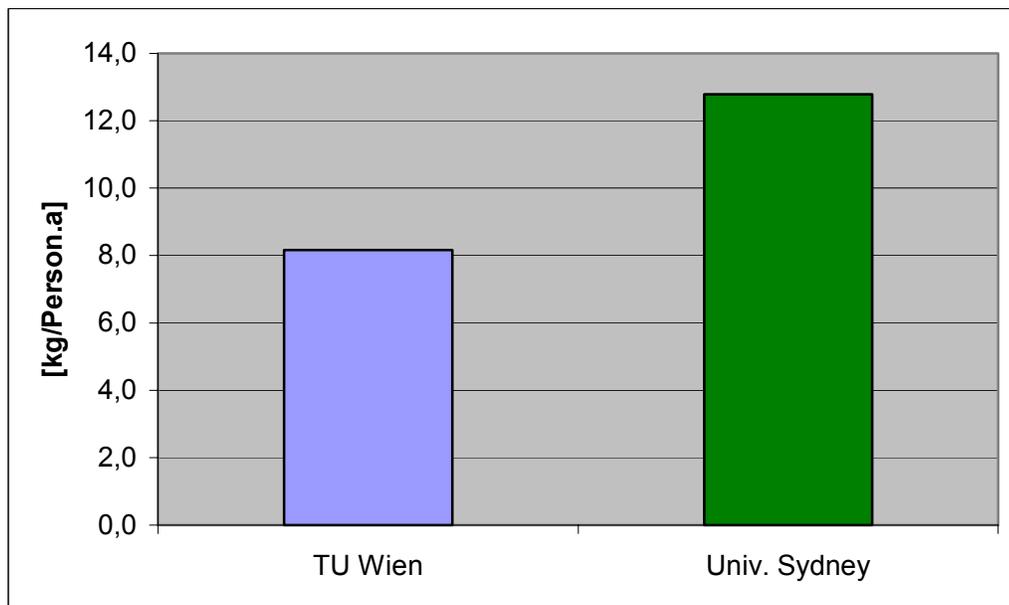


Abb. 19 - Vergleich Universitäten produzierte Altpapiermengen/Person 2002



Quellen:

[Dvorak 2001, Internet], [TU Graz 2004, Internet], [Kübler 2004, Internet], [IMC 2003, Internet], [Seifert 2002, Internet], [UNSW Sydney 2003, 2004, Internet]

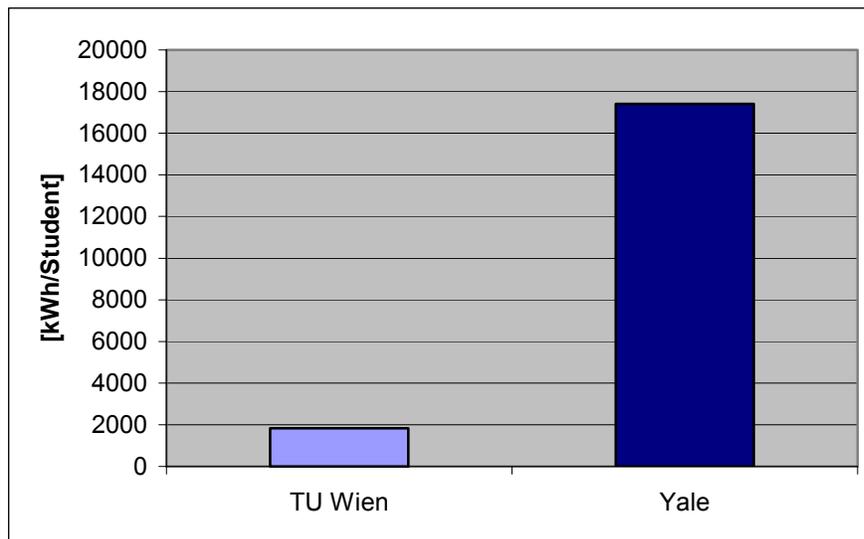
5. Schlussfolgerungen

- ⇒ Eine längere Lebensdauer der Gebäude würde den größten Beitrag zur Reduktion der Güterflüsse leisten. Daher sollten in Zukunft zu bauende Gebäude in möglichst hoher qualitativer Ausführung und geeignet für eine flexible Nutzung errichtet werden.
- ⇒ Bei der vorhandenen Datenlage ist die Erstellung von Güter- und Energiebilanzen mit hohem Aufwand und großen Unsicherheiten verbunden. Jedoch lassen sich auch mit ungenauen und spärlich vorhandenen Daten Vermeidungspotentiale erkennen.
- ⇒ Die Kostenrechnung wäre ein gutes Instrument, um Ressourcen einzusparen, da Organisationseinheiten ein ökonomisches Motiv hätten, Wasser und Energie zu sparen.
- ⇒ Es liegen keine Aufzeichnung über Energie- und Wasserverbrauch der Labors vor. Die Zähler (Wasser, Strom, Gas,...) erfassen den Verbrauch nur zentral. Interessant für eine Steuerung des Verbrauchs wäre eine feinere Unterteilung der Zähler, bzw. genauere Aufzeichnungen dieser Güterflüsse, um eventuell z.B. einen partiell hohen Wasserverbrauch zu erkennen und zu reduzieren.
- ⇒ Um ein Vermeidungspotential im Bereich der Labors feststellen zu können, ist eine Messung des tatsächlichen Wasserverbrauchs der Labors notwendig. Es sollen Wasserzähler in den Hauptzuleitungen der Labors installiert werden.
- ⇒ Um Vermeidungspotentiale stärker nutzen zu können, müsste das Bewusstsein der Mitarbeiter in irgendeiner Form (spezielle Anreize, Motivation) geschärft werden.
- ⇒ Drucker sollten duplexfähig sein, um doppelseitige Ausdrücke auf jedem Arbeitsplatz zu ermöglichen und so den Papierverbrauch zu reduzieren.

⇒ Der Vergleich mit anderen Universitäten ist ein sehr interessanter Aspekt, der jedoch mit Vorsicht zu genießen ist, da es meist sehr schwierig ist, Universitäten, die oft sehr unterschiedliche Einrichtungen (Labors, eigene Kraftwerke, etc.) haben, direkt miteinander zu vergleichen.

Ein gutes Beispiel hierfür ist die Universität Yale, mit der ursprünglich ein Vergleich in dieser Arbeit angestrebt wurde:

Abb. 20 – Stromverbrauch pro Student TU Wien - Yale



Jedoch wurde dieser verworfen, weil der Stromverbrauch pro Student das zehnfache der TU-Wien betragen hat (siehe

Abb. 20). Weitere Recherchen ergaben, dass die meisten Studenten in den USA auch auf dem Universitätscampus wohnen. Diese „Studentenheime“ gehören somit auch zur Universität und schlagen sich in den Energiestatistiken nieder. Ein weiterer Grund für diesen enormen Unterschied ist wohl auch der verbreitete Einsatz von Klimaanlage.

⇒ Um in Zukunft plausible Vergleiche erstellen zu können, sollte man einen Standard auf den Universitäten einführen, der genau abgrenzt, wofür Energie (Unterteilung in erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasser, etc. verwendet wird.

6. Zusammenfassung

6.1. Zielsetzung und Fragestellung

Das Ziel dieser Diplomarbeit besteht nun darin, eine Güterflussanalyse des Systems „Fakultät für Bauingenieurwesen an der TU-Wien“ zu erstellen. Dabei sollen die größten Güter- und Energieflüsse in das System und aus dem System identifiziert werden, um zu zeigen, bei welchen Güterflüssen das größte Vermeidungspotential besteht.

Außerdem soll ein Vergleich mit anderen Universitäten angestellt werden.

1. Was ist eine Stoffflussanalyse (SFA)?
2. Wie wird das System „Fakultät für Bauingenieurwesen“ definiert?
3. Wie werden die Güter- und Energieflüsse der Fakultät ermittelt?
4. Wie groß sind die Güter- und Energieumsätze der Fakultät?
5. Welche Daten können sinnvoll mit anderen Universitäten verglichen werden?

6.2. Methodisches Vorgehen

6.2.1. Einführung

Definition der Stoffflussanalyse laut ÖNORM S 2096-1:

„In einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System werden alle relevanten Flüsse von Gütern und Stoffen identifiziert, quantifiziert und die Stoffe innerhalb dieses Systems bilanziert. Das untersuchte System kann ein Einzelprozess oder eine Verknüpfung vieler Prozesse einschließlich der Unterprozesse sein.“

Die Stoffflussanalyse kann auch als eine Input-Output-Analyse - im internationalen Sprachgebrauch auch PIOT (physical input output tables) genannt - betrachtet werden. Die Input-Output-Analyse beschreibt die produktionsmäßigen Beziehungen zwischen den Teilbereichen der Wirtschaft und die Untersuchungen der wechselseitigen Zusammenhänge zwischen Inputs und Outputs.“
[ÖNORM S 2096-1 - 2003]

6.2.2. Systemdefinition

Die Systemdefinition zeigt den Aufbau der Fakultät für Bauingenieurwesen in vereinfachter Form. Auf Basis dieser Systemdefinition erfolgt die Erhebung und Auswertung der Daten. Die Systemgrenze wird in Abhängigkeit von den Zielen und der Aufgabenstellungen sowohl räumlich als auch zeitlich gezogen.

Als örtliche Systemgrenze wird die Fakultät für Bauingenieurwesen - eine von acht Fakultäten der TU Wien - gewählt. Als zeitliche Systemgrenze wird das Jahr 2002 gewählt.

6.2.3. Prozesse und Güter

Die Wahl der Prozesse erfolgt nach der Funktion innerhalb der Fakultät.

Abb. 21 - Systembild – Güter- und Energiefluss durch die Fakultät für Bauingenieurwesen

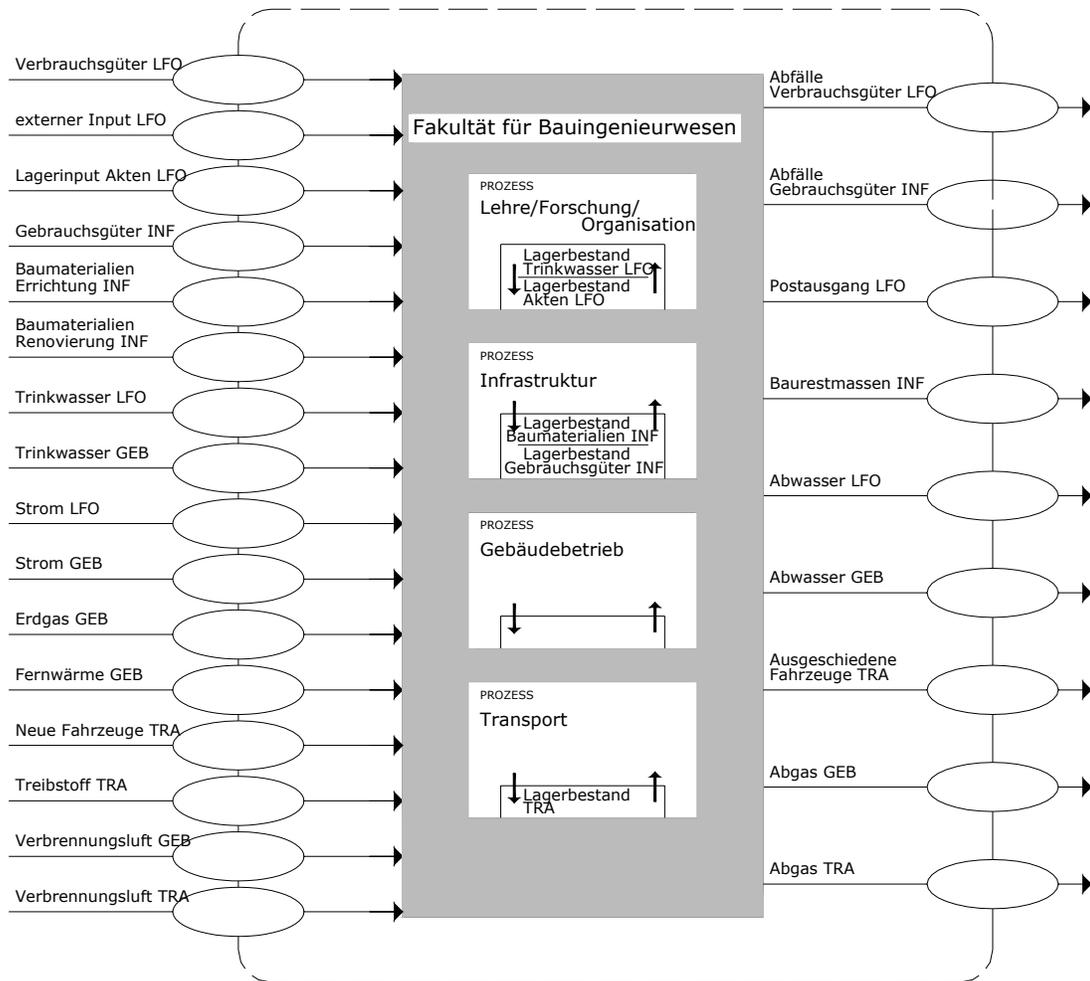


Tabelle 55 - Prozess Lehre/Forschung/Organisation

Prozess Lehre/Forschung/Organisation* (LFO)				
Dieser Prozess besteht aus allen administrativen und sonstigen universitären Tätigkeiten (Vorlesungen, Prüfungen, Forschungsprojekte,...) der Fakultät für Bauingenieurwesen. Aufgrund fehlender Daten wird auf eine getrennte Betrachtung der drei Prozesse verzichtet.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Einkauf	Verbrauchsgüter LFO	LFO	Artikel, deren Lebensdauer geringer als 1 Jahr ist
	Mitarbeiter	Externer Input LFO	LFO	Posteingang, Broschüren und Artikel, die von Mitarbeitern mitgebracht werden (Jause, etc.)
	Wienstrom	Strom LFO	LFO	Strom, der für das „Arbeiten“ verwendet wird (PC, Laborgeräte, Fax etc.)**
	Wiener Wasser	Trinkwasser LFO	LFO	Wasserverbrauch durch Aktivitäten der Mitarbeiter im Gebäude (80% des Gesamtwasserverbrauchs)
	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	LFO	Abfälle Verbrauchsgüter LFO	MA 48	Gesammelte Abfälle und Recyclingfraktionen (Altpapier, ...)
	LFO	Postausgang LFO	Post	Postausgang
	LFO	Abwasser LFO	Wien Kanal	Abwasser aus dem Verbrauch von Trinkwasser

	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER		Lagerinput Akten LFO		Jährlicher Lagerinput an Akten
		Lagerbestand Akten LFO		Bestand an archiviertem Papier (Akten)
		Lagerbestand Trinkwasser LFO		Wassertank des Instituts für Konstruktiven Wasserbau für Laborversuche

* Die Trennung zwischen Lehre/Forschung/Organisation und Gebäudebetrieb ist eine künstliche, da einige Flüsse nicht genau zugeordnet werden können. Es kann z.B. nicht erhoben werden, wie sich der Trinkwasserverbrauch auf Tätigkeiten wie „WC-Spülung“ oder „Gebäudereinigung“ aufteilt. Deshalb wird beim Wasserverbrauch angenommen, dass 80% des Trinkwasserinputs in den Prozess „Lehre/Forschung/Organisation“ und die restlichen 20% in den Prozess „Gebäudebetrieb“ fließen!

** Aufgrund fehlender Daten ist es nicht möglich, den Güterfluss „Strom“ genau auf die Prozesse Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation aufzuteilen. Somit wird als Annahme ein Verhältnis von 70:30 zwischen Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation getroffen.

Tabelle 56 - Prozess Infrastruktur

Prozess Infrastruktur (INF)				
Diesem Prozess werden die gesamte Bausubstanz sowie Gebrauchsgüter (Mobiliar,...) zugeordnet.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Einkauf	Gebrauchsgüter INF	INF	Neuanschaffungen an Möbel, Computer, sonst. Geräte (erhöhen den Lagerbestand)
	Einkauf	Baumaterialien Errichtung INF	INF	Baumaterialien, die durch jährliche Abschreibung der Lebensdauer der Gebäude in das System gelangen
	Einkauf	Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF	INF	Baumaterialien zum Renovieren bestehender Gebäude

	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	INF	Abfälle Gebrauchsgüter INF	MA 48	Lageroutput (Sperrmüll, Altgeräte, altes Mobilier...)
	INF	Baurestmassen INF	MA 48	Anfallende Baurestmassen
	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER		Lagerbestand Baumaterialien INF		Bestand an Gebäudesubstanz
		Lagerbestand Gebrauchsgüter INF		Bestand an Gebrauchsgütern (Möbel, Maschinen,...)

Tabelle 57 - Prozess Gebäudebetrieb

Prozess Gebäudebetrieb (GEB)				
Zu diesem Prozess gehören das Heizen, der Stromverbrauch und sämtliche wasserverbrauchende Tätigkeiten.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Wiener Wasser	Trinkwasser GEB	GEB	Wasserverbrauch durch gebäudebetriebliche Aktivitäten (Reinigung, etc.) im Gebäude (20% des Gesamtwasserverbrauchs)
	Wiengas	Erdgas GEB	GEB	Erdgasverbrauch durch Heizen des Gebäudes
	Luft	Verbrennungsluft GEB	GEB	Luft, die für die Verbrennung von Erdgas benötigt wird
	Fernwärme Wien	Fernwärme GEB	GEB	Wärmeverbrauch durch die Aktivitäten im Gebäude
	Wienstrom	Strom GEB	GEB	Strom, der für den Gebäudebetrieb verwendet wird (Beleuchtung, etc.)*

	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	GEB	Abwasser GEB	Wien Kanal	Abwasser aus dem Verbrauch von Trinkwasser
	GEB	Abgas GEB	Luft	Abgas, das bei der Verbrennung von Erdgas entsteht
	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER				

* Aufgrund fehlender Daten ist es nicht möglich, den Güterfluss „Strom“ genau auf die Prozesse Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation aufzuteilen. Somit wird als Annahme ein Verhältnis von 70:30 zwischen Gebäudebetrieb und Lehre/Forschung/Organisation getroffen.

Tabelle 58 - Prozess Transport

Prozess Transport (TRA)				
In diesem Prozess sind berufsbedingte Transporte mit dem einzigen KFZ der Fakultät (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft) durch Institutsmitarbeiter enthalten. Erfasst werden der Treibstoff und die verbrauchte Luft des Verbrennungsprozesses.				
	Herkunft	Input Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
INPUT	Einkauf	Neue Fahrzeuge TRA	TRA	Fahrzeuge, die in den Bestand aufgenommen werden
	OMV	Treibstoff TRA	TRA	Verbrauchter Treibstoff durch Transporttätigkeiten mit KFZ
	Luft	Verbrennungsluft TRA	TRA	Luft, die für die Verbrennung von Diesel benötigt wird
	Herkunft	Output Güter	Ziel	Beschreibung der Güter
OUTPUT	TRA	Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA	MA 48	Fahrzeuge, die aus dem Bestand ausgeschieden werden
	TRA	Abgas TRA	Luft	Abgas, das bei der Verbrennung von Diesel in Verbrennungsmotoren entsteht

	Herkunft	Lager	Ziel	Beschreibung der Güter
LAGER		Lagerbestand TRA		Fahrzeug(e)

Sonstige Betriebsmittel, die ein Kfz zum Betrieb benötigt (Motoröl, Kühlflüssigkeit, etc.) wurden vernachlässigt.

6.3. Resultate

Tabelle 59 - Zusammenfassung der Güterflüsse nach Prozessen und Fehlerabschätzung der Daten gesamte Fakultät

Prozess Lehre/Forschung/Organisation (LFO)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Verbrauchsgüter LFO	51	180	40%	Abfälle Verbrauchsgüter LFO	60	220	30%
Externer Input LFO	10	36	30%	Postausgang LFO	0,8	3	50%
Lagerinput Akten LFO	1,4	5,1	50%	Abwasser LFO	3200	12000	50%
Strom LFO	(220)	(800)	20%				
Trinkwasser LFO	3200	12000	50%				
Gesamt	3300 (220)	12000 (800)	38%	Gesamt	3300	12000	43%
Prozess Infrastruktur (INF)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Gebrauchsgüter INF	25	91	30%	Abfälle Gebrauchsgüter INF	25	91	30%
Baumaterialien Errichtung INF	220	800	50%	Baurestmassen INF	240	900	50%
Baumaterialien Renovierung und Erhaltung INF	22	80	70%				
Gesamt	270	1000	50	Gesamt	270	1000	40%

Prozess Gebäudebetrieb (GEB)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Trinkwasser GEB	800	2900	50%	Abwasser GEB	800	2900	50%
Erdgas GEB	0,4	1	30%	Abgas GEB	6,2	22	30%
Verbrennungsluft GEB	5,8	21	30%				
Fernwärme GEB	(1500)	(5400)	20%				
Strom GEB	(530)	(1900)	20%				
Gesamt	800 (2000)	2900 (7300)	30%	Gesamt	800	2900	40%

Prozess Transport (TRA)							
INPUTS				OUTPUTS			
Gut	Güterfluss 2002		Fehler	Gut	Güterfluss 2002		Fehler
	[t/a]*	[kg/MA]**			[t/a]*	[kg/MA]**	
Neue Fahrzeuge TRA	0,2	0,7	20%	Ausgeschiedene Fahrzeuge TRA	0,2	0,7	20%
Treibstoff TRA	2,4	8,7	5%	Abgas TRA	39	140	5%
Verbrennungsluft TRA	37	130	5%				
Gesamt	40	140	5%	Gesamt	40	140	5%

Tabelle 60 - Zusammenfassung der Lager nach Prozessen und Fehlerabschätzung der Daten gesamte Fakultät

Prozess Lehre/Forschung/Organisation (LFO)				
LAGER				
Gut	Lager am 1.1.2002		Fehler [%]	Zuwachs [%]
	[t]	[kg/MA]		
Lagerbestand Akten LFO	71	260	50%	±0
Lagerbestand Trinkwasser LFO	1000	3600	0%	±0
Gesamt	1100	3900	25%	

Prozess Infrastruktur (INF)				
LAGER				
Gut	Lager am 1.1.2002		Fehler [%]	Zuwachs
	[t]	[kg /MA]		
Lagerbestand Baumaterialien INF	44000	160000	30%	±0
Lagerbestand Gebrauchsgüter INF	380	1400	20%	±0
Gesamt	44000	160000	25%	
Prozess Transport (TRA)				
INPUTS			OUTPUTS	
Gut	Lager am 1.1.2002		Fehler	Zuwachs
	[t]	[kg /MA]		
Lagerbestand Transport TRA	1,5	5,4	5%	±0
Gesamt	1,5	5,4	5%	

Abb. 22 - Güterflüsse der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Güterflüsse gesamtes System

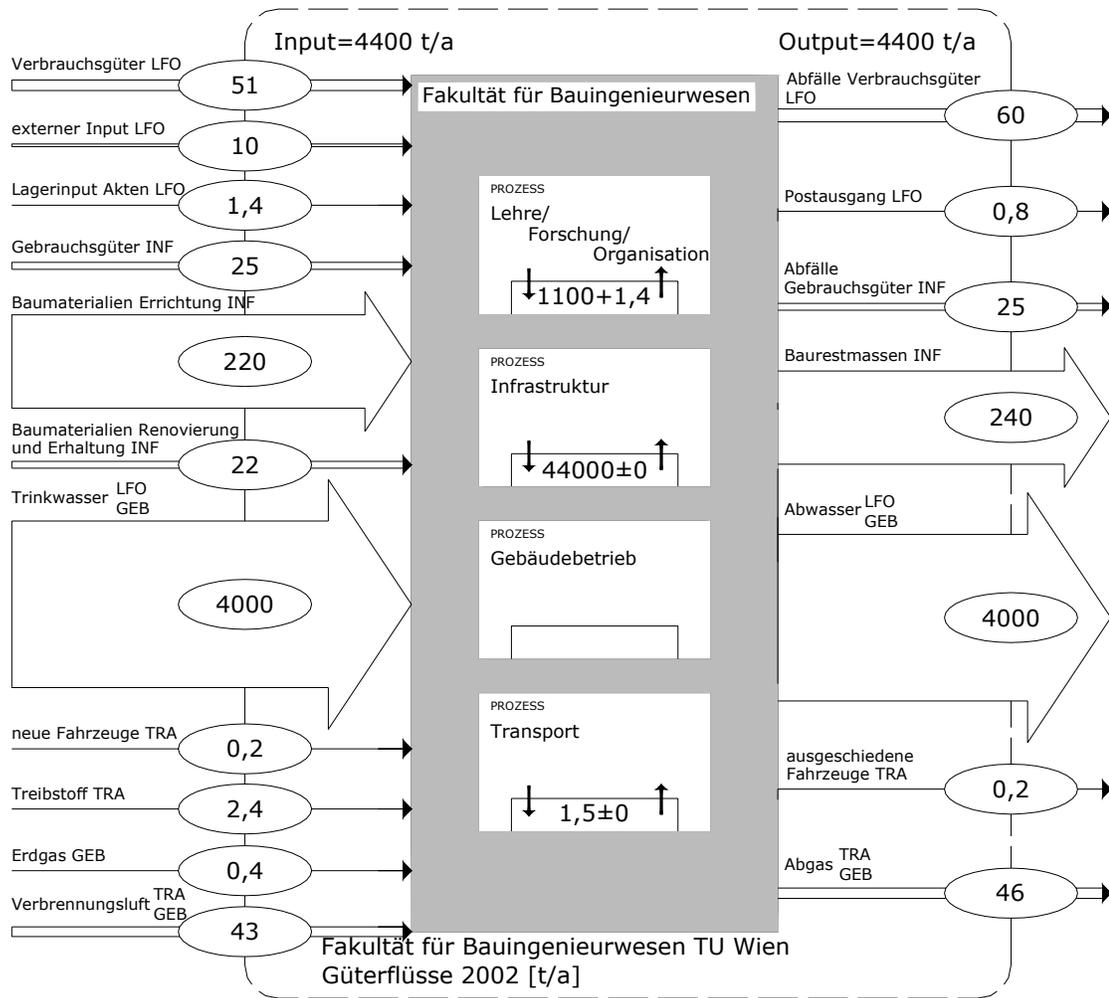
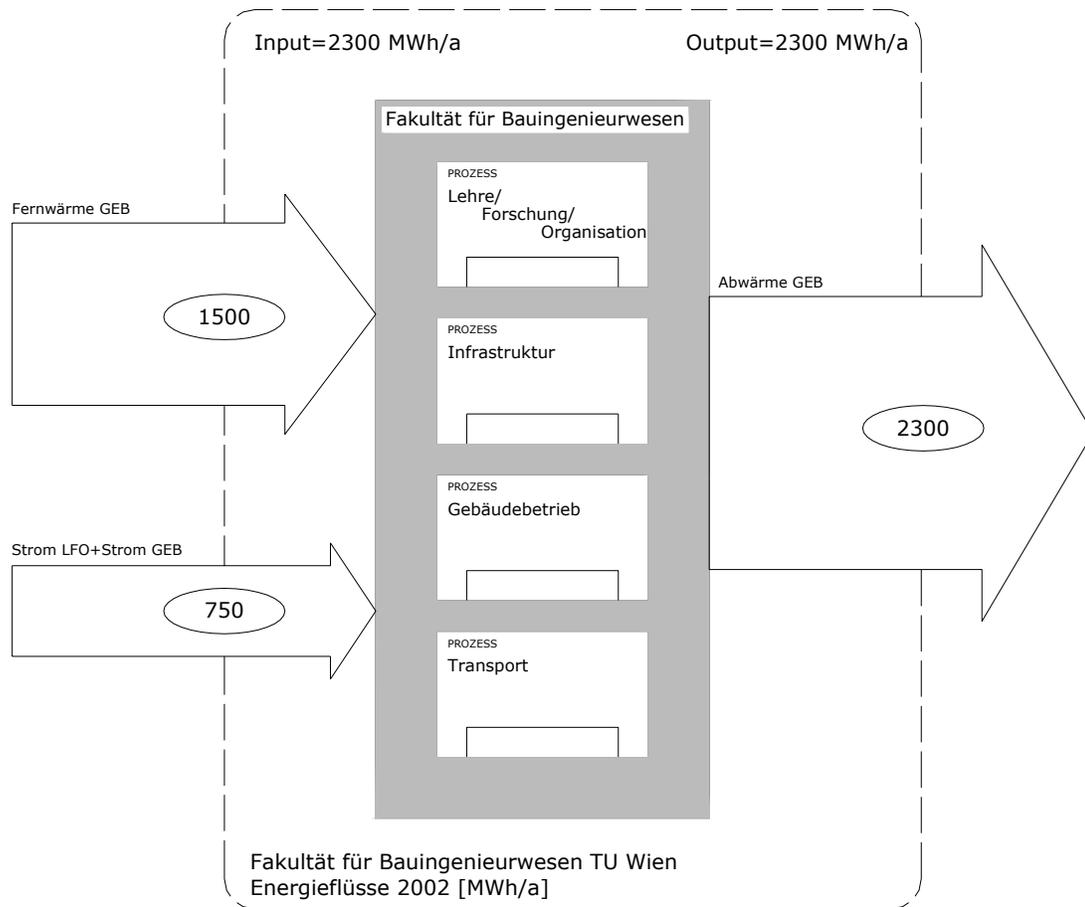


Abb. 23 - Energieflüsse der Fakultät für Bauingenieurwesen, absolute Energieflüsse gesamtes System



6.4. Vergleich mit anderen Universitäten

Beim Vergleich verschiedener Universitäten wurden folgende Daten herangezogen:

- ⇒ Stromverbrauch
- ⇒ Wärmebedarf
- ⇒ Wasserverbrauch
- ⇒ Produzierte Restmüllmenge
- ⇒ Produzierte Altpapiermenge

Besonders auffällig beim Vergleich des Stromverbrauchs ist der hohe Elektrizitätsverbrauch der ETH Zürich, der auf die hohe Gerätedichte der Laboratorien und auf die Wärmepumpe Walche zurückzuführen ist.

Ebenso beim Wärmebedarf ist auffällig, dass die ETH Zürich im Vergleich zu den anderen Universitäten einen besonders hohen Verbrauch von fossilen Brennstoffen aufweist, was auf den Betrieb von Öl und Gas Block-Heizkraftwerk zurückzuführen ist.

An der ETH Zürich gibt es hybride Kühltürme, die sehr viel Wasser verbrauchen. Dies erklärt auch den großen Unterschied zu den anderen Universitäten.

Die Unterschiede zwischen der TU Wien und der Universität Sydney bei den Restmüll- und Altpapiermengen können werden auf Ungenauigkeit der Daten zurückgeführt und können nicht weiter begründet werden.

7. Glossar

Abfall

Stoffe, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Behandlung durch besondere Vorschriften geregelt ist. Der Begriff schließt generell feste, flüssige und gasförmige Stoffe ein (nach ÖNORM S2000).

Abfallinput

Summe aller Abfälle, die in einen Prozess bzw. ein System gehen.

Aktivität

Eine Aktivität umfasst einen Satz von Handlungen des Menschen, um ein spezifisches Bedürfnis zu befriedigen. Die wichtigsten Bedürfnisse des Menschen lassen sich unabhängig von seiner Kultur oder seinem Lebensstandard mit Aktivitäten wie Ernähren, Reinigen, Wohnen und Arbeiten sowie Transportieren und Kommunizieren u. a. beschreiben. Eine Aktivität umfasst immer eine ganze Kette an Prozessen und Materialflüssen, von der Gewinnung der Ressourcen bis zur letzten Senke der „Ab-stoffe“ in Wasser, Boden und Luft. Die Einteilung in Aktivitäten erfolgt problem- und opportunitätsorientiert; es sind unterschiedliche Definitionen spezifischer Aktivitäten denkbar. Aktivitäten können sich überschneiden. Der Vorteil, der sich durch die Verwendung des Begriffs Aktivität ergibt, wird bei der Diskussion über regionale nachhaltige Entwicklungen augenfällig: jede Region will sich nachhaltig ernähren, reinigen etc. Betrachtet man die gesamte Aktivität mit allen relevanten Prozessen und Materialflüssen, erlaubt dies, die bestehenden und zukünftigen Probleme und Möglichkeiten für jede Aktivität zu erkennen (Früherkennung), wirksame Maßnahmen zu deren

Lösung zu planen, Prioritäten für die einzelnen Maßnahmen zu setzen und Konzepte für ein effizientes Monitoring zu entwickeln. [ÖWAV Regelblatt 514 - 2003]

Anthroposphäre

Die Anthroposphäre bezeichnet den Lebensraum des Menschen, ein komplexes System von Prozessen, Güter-, Stoff-, Energie- und Informationsflüssen. Dazu zählen nicht nur jene Bereiche, in denen die menschlichen Aktivitäten selbst stattfinden, sondern auch jene Bereiche, die dadurch beeinflusst sind. Sie ist der durch menschliches Wirken entstehende Teil der Biosphäre, der mit ihr im stofflichen Austausch steht. Stoffe treten durch Rohstoffgewinnung in die Anthroposphäre ein und werden als Abfall oder Emissionen der Umwelt überlassen. Der Begriff „Anthroposphäre“ wird häufig synonym mit Technosphäre oder amerikanisch Biosphäre gebraucht. [ÖWAV Regelblatt 514 - 2003]

Bilanz

stellt die innerhalb der zeitlichen Systemgrenzen in ein System gelangenden Flüsse an Gütern und Stoffen (Import) den Emission entsprechenden Flüssen aus dem System hinaus (Export) gegenüber und berücksichtigt etwaige Lagerveränderungen
Bei der Bilanzierung wird das Massenerhaltungsgesetz berücksichtigt.

Fluss

bezeichnet die Bewegung der untersuchten Güter oder Stoffe zwischen Prozessen oder in das System hinein oder aus dem System heraus mit der Einheit Masse pro Zeit

Materialflüsse in einen Prozess werden als Inputs (Edukte), solche aus einem Prozess als Outputs (Produkte) bezeichnet. Materialflüsse in ein

System werden als Importe, solche aus einem System als Exporte bezeichnet. In der Praxis wird jedoch häufig die Einheit Masse pro Zeit und Querschnitt betrachtet (zB der Güterumsatz in Tonnen pro Jahr und Betrieb, oder der Anfall an Restmüll pro Jahr und Gemeinde), was korrekterweise mit Flux benannt werden müsste. Es wird empfohlen, den Begriff Fluss zu verwenden, und gleichzeitig immer die zugehörige Einheit anzugeben (Masse Pro Zeit, oder Masse pro Zeit und Querschnitt). [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Gut

besteht aus einem oder mehreren Stoffen und ist handelbar.

Der Handelswert von Gütern kann je nach Betrachter sowohl positiv (Heizöl, Mineralwasser) als auch negativ (Restmüll, Abwasser) sein. In besonderen Fällen gibt es Güter, die keinen monetären Wert aufweisen, d.h. sie verhalten sich wertmäßig neutral. Beispiele dafür sind Luft, Kfz Abgase oder Niederschlag. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Güterflussanalyse (GFA)

in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System werden alle relevanten Flüsse von Gütern identifiziert, quantifiziert und die Güter innerhalb dieses Systems bilanziert

Im Unterschied zur Stoffflussanalyse werden in einer Güterflussanalyse ausschließlich Güterflüsse untersucht. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Lager

Bestand von Gütern oder Stoffen innerhalb eines Prozesses

Zwei Beispiele für Lager sind:

- ⇒ der Bestand an Müll im Bunker im Prozess Müllverbrennungsanlage. Neu eingebrachter Restmüll ergibt einen Lageraufbau, die Verbrennung von Restmüll führt zu einem Lagerabbau.
- ⇒ der Bestand an Bauinfrastruktur (zB Gebäude). Neu erstellte Gebäudeteile ergeben einen Lageraufbau, der Abriss von Gebäudeteilen führt zu einem Lagerabbau. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Material

übergeordneter Begriff für ein Gut oder einen Stoff

Der Begriff Material wird dann verwendet, wenn Güter und Stoffe betrachtet werden, oder wenn man sich noch nicht festlegen will, auf welcher Ebene (Güter oder Stoffe) eine Untersuchung durchgeführt werden soll. Material schließt Rohmaterialien sowie alle durch biologische, physikalische oder chemische Prozesse veränderten Substanzen ein. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Prozess

beschreibt die Umwandlung (biologisch, chemisch, physikalisch), den Transport oder die Lagerung von Gütern oder Stoffen

Beispiele für Prozesse sind: Vorgänge in einer Anlage (zB Müllverbrennungsofen, Papierfabrik), Dienstleistung (zB Müllsammlung), Ablagerung von Abfällen (zB Deponierung). Die Vorgänge innerhalb eines Prozesses werden in der Regel nicht betrachtet, der Prozess wird oft als Black Box bezeichnet. Sollen Prozessvorgänge näher untersucht werden, dann kann der Prozess in mehrere Subprozesse untergliedert werden. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Restmüll

Unter Restmüll versteht man sämtliche in Haushalten und ähnlichen Einrichtungen üblicherweise anfallenden festen Abfällen, die unter Verwendung genormter Abfallbehälter über die öffentliche Müllabfuhr erfasst werden, sofern sie nicht über Separatsammlungen einer anderen Verwertung oder Behandlung zugeführt werden.

Stoff

besteht aus identischen Einzelteilen und ist ein chemisches Element (Einzelteil Atom, zB Natrium, Kohlenstoff oder Kupfer) oder eine chemische Verbindung in reiner Form (Einzelteil Molekül, zB NH₃, CO₂, Kupfersulfat)

Keine Stoffe sind z.B. Trinkwasser, da es nicht nur aus reinem Wasser, sondern auch aus Kalzium und vielen Spurenelementen besteht, oder PVC, da es neben polymerisiertem Vinylchlorid auch Additive enthält.
[ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Stoffbuchhaltung

periodische und mengenmäßige Erfassung der wichtigsten Güter- und Stoffflüsse eines Systems

Die grundlegende Annahme der Stoffbuchhaltung ist, dass man anhand einiger ausgewählter Schlüssel-Prozesse auf die Stoffflüsse des Gesamtsystems schließen kann. Die Stoffbuchhaltung setzt eine vorhergehende detaillierte Stoffflussanalyse voraus, in der die für einen bestimmten Stoff wichtigsten Prozesse, Lager- und Güterflüsse ermittelt wurden. Die Stoffbuchhaltung im Anschluss an eine Stoffflussanalyse erfordert gegenüber wiederkehrend durchgeführten Stoffflussanalysen

einen deutlich geringeren Mitteleinsatz für einen gleichwertigen Informationsgewinn. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Stoffflussanalyse (SFA)

in einem zeitlich und räumlich exakt abgegrenzten System werden alle relevanten Flüsse von Gütern und Stoffen identifiziert, quantifiziert und die Stoffe innerhalb dieses Systems bilanziert

Das untersuchte System kann ein Einzelprozess oder eine Verknüpfung vieler Prozesse einschließlich der Unterprozesse sein.

Die Stoffflussanalyse kann auch als eine Input-Output-Analyse - im internationalen Sprachgebrauch auch PIOT (physical input output tables) genannt - betrachtet werden. Die Input-Output-Analyse beschreibt die produktionsmäßigen Beziehungen zwischen den Teilbereichen der Wirtschaft und die Untersuchungen der wechselseitigen Zusammenhänge zwischen Inputs und Outputs. [ÖNORM S 2096-1 - 2003]

Strom

Siehe Fluss

System

umfasst eine Menge von Prozessen (einschließlich Lager), die mit einander über Flüsse in Beziehung stehen und die Abgrenzung nach außen

Im Rahmen der Stoffflussanalyse bezeichnet man die Elemente eines Systems als Prozesse (einschließlich Lager) und Flüsse (Güter-, Stoff- und Materialflüsse). Durch die Bezeichnung der Prozesse im System werden diejenigen, die nicht zum System gehören, ausgegrenzt und damit die Systemgrenzen definiert. Ein System kann zB ein Betrieb

(Müllverbrennungsanlage), eine Region (zB Kremstal), eine Nation (zB Österreich) oder auch ein Privathaushalt sein. In einem System ist jeder Fluss durch je einen zugehörigen Herkunfts- und Zielprozess eindeutig identifiziert. [ÖNORM S 2096-1 – 2003]

Systemgrenze

definiert die zeitliche und räumliche Abgrenzung des zu untersuchenden Systems

Als zeitliche Grenze wird in der Regel ein Jahr gewählt. Die räumliche Abgrenzung erfolgt dreidimensional zB über politische, hydrologische oder betriebliche Grenzen. Materialflüsse in ein System hinein werden als Importe, solche aus einem System hinaus als Exporte bezeichnet. [ÖNORM S 2096-1 – 2003]

Transformation

Bezeichnet das Umwandeln eines Gutes innerhalb eines Prozesses in ein neues Gut. Das neue Gut weist neue Eigenschaften und meist auch neue Zusammensetzung auf.

Transport

Bezeichnet den Ortswechsel eines Gutes innerhalb eines Prozesses.

Dank

Danken möchte ich

Meinen Betreuern:

o. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Paul H. Brunner

für die interessanten und lehrreichen Diskussionen, sowie die konstruktive Kritik

Dipl. Ing. B. Brandt

für die fachliche Betreuung und Unterstützung bei meinen Fragen und Recherchen

Mitarbeitern der TU Wien für bereitgestellte Informationen:

Ing. Arlic B.	Liegenschaftsmanagement
Melmer R.	Gebäude und Technik
Ing. Schopper Th.	Gebäude und Technik

Sonstigen:

Dr. Thomas Lichtensteiger (EAWAG Zürich)

Für die ausführlichen und inspirierenden email-Diskussionen

Allen anderen, die mir Fragen beantwortet und Informationen zur Verfügung gestellt haben.

Literatur

Baccini P., Bader H.-P. (1996) Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford.

Baccini P., Brunner P.H. (1991) Metabolism of the Antroposphere. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.

Braunschweig A., Müller-Wenk R. (1993) Ökobilanzen für Unternehmungen, Eine Wegleitung für die Praxis. Paul Haupt Verlag, Bern.

Brunner P. H., Rechberger H. (2004). Practical Handbook of Material Flow Analysis. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.

Daxbeck H., Neumayer S., Brandt B., Eder M. und Brunner P. H. (2003). Analyse und Bewertung des Vermeidungspotentials in einer städtischen Verwaltung am Beispiel des Magistrats der Stadt Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU-Wien. Wien.

EAWAG (2000) Jahresbericht 2000, EAWAG, Dübendorf.

EAWAG (2002) Jahresbericht 2002, EAWAG, Dübendorf.

Freuler N. (1996) Das Stoffhaushaltssystem EAWAG, Stoff- und Energiebuchhaltung eines Forschungsbetriebes. Abteilung Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik EAWAG Dübendorf. Dübendorf.

Glenck E., Lahner T., Arendt M. und Brunner P. H. (1997). Baurestmassen in Oberösterreich, Stoffbilanzen der Bauwirtschaft, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU-Wien. Wien.

Grassinger D., Salhofer S. (1999) Beiträge zum Umweltschutz: Methoden zur Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen. MA22. Wien.

Krapfenbauer R., Sträussler E. (1996) Bautabellen, Verlag Jugend&Volk, Wien.

Österreichisches Normungsinstitut (2004), ÖNORM S2096: Stoffflussanalyse – Anwendung in der Abfallwirtschaft. Österreichisches Normungsinstitut. Wien. *In Ausarbeitung*

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2003), ÖWAV Regelblatt 514 - Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Wien.

Rechberger H. (1999) Wiener Mitteilungen: Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Stoffbilanzen in der Abfallwirtschaft. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft TU-Wien. Wien.

Rechberger H. (1996). Der Einsatz der Stoffflußanalyse am Beispiel Öko-Audit eines kalorischen Kraftwerkes. Seminar 'Die Stoffflußanalyse als Grundlage von UVP und Öko-Auditing'. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU-Wien. Wien.

Internet:

Dvorak, E. (2001): Zentrale Verwaltung TU-Wien

Online verfügbar:

URL: <http://www.tuwien.ac.at/ud> [Stand: 09/08/2004]

Neunteufl, B. (2002): ZV | News | 11.03.2003

Online verfügbar:

<http://www.tuwien.ac.at/zv/all/030311a.shtml> [Stand: 19/08/2004]

Arlic, B. (2004): TU | LM | Wir für Sie | Pläne | Grundrisspläne

Online verfügbar:

<http://www.tuwien.ac.at/lm/sie/grundrisse.shtml> [Stand: 09/08/2004]

TU-Wien (2004): TU | PR | Infos zur TU

Online verfügbar:

http://www.tuwien.ac.at/pr/tu_info/tuinfo_daten.shtml [Stand: 09/09/2004]

Rompolt, A. (2004): Das Wiener Wasser - Wasserverbrauch

Online verfügbar:

URL: <http://www.wien.gv.at/ma31/wasweg5.htm> [Stand: 09/08/2004]

OMV AG (2004): OMV.com

Online verfügbar:

URL: <http://www.omv.com> [Stand: 09/08/2004]

DVFG (2004): Deutscher Verband Flüssiggas

Online verfügbar:

<http://www.dvfg.de> [Stand: 09/08/2004]

Bachert, L. (2004): RVV Bachert KG - Flüssiggastechnik

Online verfügbar:

<http://www.bachert-kg-rvv.de/> [Stand: 09/08/2004]

ÖAMTC (2004): ÖAMTC: Dieseltest 2004

Online verfügbar:

http://www.oeamtc.at/netautor/html_seiten/dieseltest/gesamt.html

[Stand: 09/08/2004]

Energieverwertungsagentur - the Austrian Energy Agency

(E.V.A) (1999): Energieeffiziente Universitäten - Eine erste Bilanz

Online verfügbar:

http://www.eva.ac.at/projekte/uni_bilanz.htm#h7 [Stand: 09/09/2004]

TU Graz (2004): TU Graz

Online verfügbar:

<http://www.tugraz.at/tugraz/> [Stand: 19/08/2004]

Kübler, O. (2004): ETH Zürich – Über uns

Online verfügbar:

<http://www.ethz.ch/about/index> [Stand: 19/08/2004]

IMC (2003): ETH Zürich, Raumdaten 2002

Online verfügbar:

<http://www.imc.ethz.ch/raum/200212/T0002.html> [Stand: 19/08/2004]

Seifert, W. (2002): „Energierport ETH [2002], Jahresbericht für Energie Schweiz“

Online verfügbar:

http://www.energie.ethz.ch/energierport_02.pdf [Stand: 09/08/2004]

UNSW Sydney (2003): Statistics book 2002

Online verfügbar:

http://www.pso.unsw.edu.au/statisticsdocs/stats_book_02.pdf [Stand: 09/08/2004]

UNSW Sydney (2003): UNSW: The University of New South Wales - Sydney Australia - About UNSW - UNSW Facts in Brief

Online verfügbar:

<http://www.unsw.edu.au/about/adv/aboutfacts.html> [Stand: 09/08/2004]

UNSW Sydney (2004): Energy @ UNSW

Online verfügbar:

<http://www.energy.unsw.edu.au/home.shtml> [Stand: 09/08/2004]

IIEF GmbH (1997): ECOFAM Online - Der Facility-Management-Ratgeber - lexicon

Online verfügbar:

<http://ecofam.iief.de/index.php3?lexikon> [Stand: 09/09/2004]

Anhang

Erhebung Lagerbestand Gebrauchsgüter

Mobiliar

Tabelle 61 - Mobiliar Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft – Abteilung Abfallwirtschaft

Raum Nr.	Nutzfläche [m ²]	Mobiliar	Anzahl [Stk.]	Einzelgewicht [kg]	Gesamtgewicht [kg]
AA-02-77 Sekretariat	26,75	Tisch	1	15	15
		Tisch	1	30	30
		Tisch	1	35	35
		Stuhl groß I	2	20	40
		Stuhl Büro	2	10	20
		Regal	1	150	150
		Regal	3	75	225
		Regal	1	50	50
		Regal	2	20	40
		Kleiderständer	1	10	10
		Heizkörper	1	30	30
AA-02-88 Büro Prof.	43,70	Tisch	1	10	10
		Tisch	1	40	40
		Tisch	1	45	45
		Stuhl Büro	1	25	25
		Stuhl normal	1	8	8
		Stuhl groß II	4	15	60
		Sitzbank	1	40	40
		Regal	2	140	280
		Kasten	2	50	100
		Heizkörper	2	30	60
AD-02-09 Küche	24,58	Tisch	1	55	55
		Tisch	1	38	38
		Stuhl normal	10	8	80
		Sitzbank	1	40	40
		Regal	1	75	75
		Geschirrspüler	1	30	30
		Kühlschrank	1	20	20
		Kaffeemaschine	1	10	10
		Heizkörper	2	30	60
AD-02-11 Büro Wiss.	21,60	Tisch	4	38	152
		Regal	3	55	165
		Heizkörper	1	30	30
AD-02-11A Vorraum	8,32				
AD-02-13 Seminarraum	47,03	Tisch	10	37	370
		Tisch	1	60	60
		Stuhl normal	27	8	216
		Heizkörper	2	30	60
AD-02-17 Büro Wiss.	17,43	Tisch	4	45	180
		Stuhl Büro	2	10	20
		Stuhl normal	1	8	8
		Regal	1	180	180
		Heizkörper	1	30	30
AD-02-17A Vorraum	43,86	Tisch	1	7	7
		Regal	12	94	1128
		Regal	1	58	58
		Regal	1	103	103
		Heizkörper	0	30	0

AD-02-19 Büro Wiss.	14,89	Tisch Tisch Stuhl Büro Regal Heizkörper	1 1 2 2 1	26 60 10 140 30	26 60 20 280 30
AD-02-21 Büro Wiss.	35,20	Tisch Tisch Tisch Tisch Tisch Stuhl normal Stuhl Büro Regal Regal Regal Regal Regal Heizkörper	2 1 1 1 4 1 3 4 1 1 2 2 1 2	28 26 60 27 50 49 8 10 60 89 55 41 175 30	56 26 60 27 200 49 24 40 60 89 110 82 175 60
AD-02-25 Büro Wiss.	16,87	Tisch Tisch Stuhl Büro Regal Heizkörper	1 1 2 2 1	26 60 10 140 30	26 60 20 280 30
AD-02-27 Büro Wiss.	17,34	Tisch Tisch Tisch Stuhl normal Stuhl Büro Regal Regal Regal Regal Heizkörper	2 2 1 1 3 2 1 1 1 1	38 49 15 8 10 55 58 145 40 30	76 98 15 8 30 110 58 145 40 30
AT-03-02 Büro Wiss.	18,35	Tisch Stuhl Büro Regal Heizkörper	2 2 2 1	45 10 75 30	90 20 150 30
AT-03-04 Messt.+Büro.	26,59	Tisch Tisch Stuhl normal Stuhl Büro Regal Regal Regal Laborbedarf (geschätzt) Heizkörper	2 2 2 3 2 4 1 1 1 2	32 36 8 10 79 62 170 200 30	64 72 16 30 158 248 170 200 60
AT-03-08 Messt.	28,67	Tisch Labortisch Tisch Stuhl Büro Regal Regal Laborbedarf (geschätzt) Heizkörper	1 1 2 2 2 2 1 1 2	59 160 36 10 40 13 200 30	59 160 72 20 80 26 200 60
AT-03-09 Labor	14,38	Labortisch Tisch Laborbedarf (geschätzt) Heizkörper	1 2 1 1 1	160 29 300 30	160 58 300 30
Gesamt:	405,56	-	-	-	9521

Somit ergibt sich ein Faktor von 24 kg.Mobiliar/m².

Elektrogeräte und Bürobedarf

Tabelle 62 - Elektrogeräte und Bürobedarf pro Mitarbeiter

Artikel	Einzelgewicht [kg]	Anzahl/ Mitarbeiter	Gewicht/Mitarbeiter [kg]
PC Workstation komplett	30,0	1	30,0
Notebook	2,0	0,05*	0,1
Telefon	1,0	0,5**	0,5
Drucker	5,0	0,2***	1,0
Kopierer	100,00	0,05*	5,0
Fax	3,0	0,05*	0,15
Scanner	2,0	0,1****	0,2
Overhead	12,0	0,05*	0,6
Beamer	3,0	0,05*	0,15
Sonst. Bürobedarf	0,5	1	0,5
Gesamt:	-	-	38,2

* Es wird angenommen, dass auf jedem Institut (Insgesamt 16 Institute/Insgesamt 325 Mitarbeiter) ein Notebook vorhanden ist => $16/325=0,05$

** Es wird angenommen, dass auf 2 Mitarbeiter je ein Telefon kommt

*** Es wird angenommen, dass auf 5 Mitarbeiter ein Drucker kommt

**** Es wird angenommen, dass auf 10 Mitarbeiter ein Scanner kommt

Somit ergibt sich ein Faktor von $\sim 38,2$ kg.Elektrogeräte/Mitarbeiter.

Resultate Gebrauchsgüter

Tabelle 63 - Gebrauchsgüter Lagerbestand gesamte Fakultät

Artikel	Nutzfläche Fakultät [m ²]	Gewicht/ Nutzfläche [t]	Mitarbeiter Fakultät	Gewicht/ Mitarbeiter [t]	~ Gewicht gesamt [t]
Mobiliar	14711	0,024	-	-	350
Elektrogeräte und Bürobedarf	-	-	325	0,0382	12
Gesamt:	-	-	-	-	362

Erdgasverbrauch

Abb. 24

DURCHSCHNITTLICHER JAHRESENERGIEVERBRAUCH FÜR HEIZUNG/WARMWASSER*				
HEIZUNG				
	2 Personen 70-m ² -Wohnung		4 Personen 130-m ² -Einfamilienhaus	
	Energieverbrauch pro Jahr		Energieverbrauch pro Jahr	
	Altbau	Neubau	Altbau	Neubau
Heizung mit Strom/ Fernwärme	9.500 kWh	4.200 kWh	23.500 kWh	12.000 kWh
Heizung mit Gas	1.250 m ³ Erdgas	600 m ³ Erdgas	3.000 m ³ Erdgas	1.600 m ³ Erdgas
Badezimmerstrahler/ Badezimmerschnellheizer	180 kWh (30 Minuten/Tag)		360 kWh (1 Stunde/Tag)	
WARMWASSERBEREITUNG				
ca. 50 Liter mit 50 °C / Person und Tag	2 Personen 70-m ² -Wohnung		4 Personen 130-m ² -Einfamilienhaus	
	Energieverbrauch pro Jahr		Energieverbrauch pro Jahr	
Warmwasser mit Strom	1.900 kWh		3.600 kWh	
Warmwasser mit Gas	300 m ³ Erdgas		520 m ³ Erdgas	
Warmwasser mit Fernwärme	36,5 m ³ Warmwasser		73 m ³ Warmwasser	

*) Grobe Richtwerte. Der Verbrauch richtet sich nach der Wärmedämmung und Lage des Gebäudes, den Nutzergewohnheiten und vielem mehr. Genauere Informationen erhalten Sie bei einem Energieverbrauchs-Check im Haus WIEN ENERGIE.

[Quelle: <http://www.wienenergie.at>]

Stromverbrauch

Abb. 25

Durchschnittlicher Jahresstromverbrauch*)				
	2 Personen Wohnung		4 Personen Einfamilienhaus	
	kWh/a	%	kWh/a	%
Kühlschrank	200	8,7	340	7,9
Gefriergerät	250	10,9	485	11,2
Elektroherd	450	19,6	755	17,5
Geschirrspülmaschine	240	10,4	485	11,2
Waschmaschine	200	8,7	425	9,8
Wäschetrockner	250	10,9	540	12,5
Reinigen	110	4,8	170	3,9
Beleuchtung	220	9,6	345	8,0
Kleingeräte**) und Standby	380	16,5	755	17,5
Summe	2.300	100,0	4.320	100,0

*) ohne Warmwasserbereitung bzw. Energie für den Betrieb der Heizung
 **) wie Bügeleisen, Fernseher, Kaffeemaschine, Nähmaschine, Radiowecker, Rasierapparat, Föhn, Computer uvm.

[Quelle: <http://www.wienenergie.at>]