

## **A-3 Anhang zu Kapitel 3 - Daten und Tabellen zu Stoffströmen**

### **A-3.1 Neuruppin Vorstadt-Nord**

#### *Gebäude*

##### Stadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

In der Vorstadt-Nord, Neuruppin, wurden bisher dreizehn ehemalige Kasernengebäude renoviert und modernisiert. Deren Umbau zu 3- bzw. 4-geschossigen Geschosswohnungsbauten ist Gegenstand der Stoffstromanalyse Gebäude. Weiterhin wird die zukünftige Errichtung von freistehenden Einfamilienhäusern und Doppelhäusern im nördlich gelegenen Planungsgebiet in die Stoffstrombilanz einbezogen. Renovierungsarbeiten an Gebäuden mit gewerblicher Nutzung werden nicht betrachtet.

Bei den dreizehn renovierten Wohnungsbauten sind sieben vergleichbare Mauerwerksbauten mit insgesamt 131 Wohneinheiten (WE) und ca. 10.230 m<sup>2</sup> Wohnfläche von sechs Plattenbauten mit zusammen 204 WE und ca. 10.050 m<sup>2</sup> Wohnfläche zu unterscheiden (weitere Angaben, siehe Anhang). In diesen dreizehn Wohngebäuden leben ungefähr 600 Bewohner.

Die Gebäude wurden von Grund auf modernisiert. Als wesentliche Renovierungsarbeiten sind zu nennen: Dämmung der Außenhülle, Einbau neuer Innenwände, Erneuerung der Fenster, Innen- und Außentüren, neue Böden und Außentreppenhäuser.

Da zu den genauen Mengen und der Art der verwendeten Baustoffe keine genauen Angaben verfügbar waren, wurden diese auf der Grundlage der Geometrien der Gebäude abgeschätzt. Insgesamt wurden für die Renovierungsarbeiten der Einbau von ca. 5.200 t Baumaterialien bilanziert.

Im Planungsgebiet wird für den 1. und 2. Vermarktungsabschnitt vom Bau von insgesamt 6 Passiv- und 35 Niedrigenergiehäusern in Holzbauweise, 17 weiteren freistehenden Einfamilienhäusern sowie 30 Doppelhaushälften (davon 15 im Niedrigenergiehaus-Standard) ausgegangen. Datengrundlage hierfür waren Modellhäuser der Firmen HAGENIA – Bausatz-Haus GmbH, Conviva Haus Vertrieb GmbH und Andersson Haus und Dach GmbH. Alle zugrundeliegende Modellhäuser wurden bereits in der Region gebaut. Insgesamt entsprechen die Häuser 88 WE (ungefähr 240 Bewohner) mit einer Wohnfläche von zusammen ca. 10.240 m<sup>2</sup>. Für den Bau der Häuser werden ungefähr 21.700 t Baumaterialien benötigt.

Neben den gebäudespezifisch erhobenen Renovierungs- und Neubaumaßnahmen wurden die Elektro- und Wasserinstallationen der Gebäude, die Aufwendungen für die Errichtung der Gebäude sowie der Baustellenabfall unabhängig vom betrachteten Gebäudetyp bilanziert.

#### Elektro- und Wasserinstallationen

Für die Elektro- und Wasserinstallationen der Gebäude wurden auf der Grundlage der Stoffstrombilanz eines Standardhauses (Neubau, vgl. Schlüchtermann 1996) flächenbezogene Massenkennzahlen generiert.

Für die Elektroleitungen ergibt sich pro m<sup>2</sup> Wohnfläche eine Menge von 0,16 kg Kupfer und 0,44 kg PVC. Für die Wasserinstallationen werden 0,41 kg Kupfer, 0,10 kg PVC und 0,05 kg Polyethylen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche angesetzt.

### Errichtung der Gebäude

Neben den Baustoffen selbst, die für Gebäude verwendet werden, werden bei der Stoffstromanalyse auch die Aufwendungen für die eigentliche Errichtung der Gebäude bilanziert (Schlüchtermann 1996). Dies beinhaltet den Strom- (ca. 6,7 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche) und Dieselverbrauch (ca. 0,2 GJ/m<sup>2</sup> Wohnfläche) für die Baumaschinen und –fahrzeuge auf der Baustelle sowie die Fahrten (ca. 4.320 Pkm pro Gebäude, eigene Schätzung) der Bauarbeiter zur Baustelle. Der Transport der Baustoffe wird beim *Stoffstrom Verkehr* berücksichtigt. Bei Renovierungsarbeiten wird die Hälfte der obigen Werte angenommen.

### Bauabfälle

Weiterhin werden auch die bei der Errichtung von Gebäuden anfallenden Baustellenabfälle und der Bodenaushub ermittelt. Für die Baustellenabfälle wird beim Neubau abhängig von der errichteten Wohnfläche ein durchschnittlicher Anfall von 67 kg/m<sup>2</sup> Wohnfläche berechnet (Luckenbach 1999). Bei Renovierungsarbeiten wird die Hälfte des obigen Wertes veranschlagt. In der Gesamtmenge ergibt sich ein Anfall von ca. 1.365 t Baustellenabfällen.

### Bodenaushub

Der Bodenaushub wird für jedes Gebäude aus der Fläche des Fundamentes, der Tiefe der Baugrube und der Dichte des Bodenaushubs berechnet. Aus dem Neubau der Einfamilienhäuser ergeben sich ca. 26.800 t an Bodenaushub.

### Bauschutt

Die wichtigste Ursache für den Anfall von Bauschutt ist der Abriss von Gebäuden und der Aufbruch der Straßen und Plätze der ehemaligen Kaserne. Wesentlich geringere Mengen fallen beim Ausbau von Baumaterialien im Zuge von Renovierungsarbeiten an den Gebäuden an.

Im Betrachtungsbereich wurden insgesamt 30 Kasernengebäude abgerissen bzw. rückgebaut. Der gesamte angefallene Bauschutt wurde etwa zur Hälfte zu Baustoffrecyclingbetrieben in der unmittelbaren Umgebung gefahren. Insgesamt wurden etwa 95 % des Bauschutts wiederverwendet und rund 5 % deponiepflichtig endgelagert (Gesellschaft 1999).

Weiterhin wurden ungefähr 9.250 m<sup>2</sup> Betonfläche (0,25 m stark) aufgerissen und verwertet. Diese Massen wurden zu einem speziell errichteten Brechwerk transportiert.

Die bei den Modernisierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen der Gebäude angefallenen Bauschutt mengen wurden aus der Art der durchgeführten Renovierungsarbeiten abgeschätzt.

Insgesamt wurde eine Menge von ca. 42.000 t Bauschutt berechnet. Die einzelnen Bauschutt mengen können dem Anhang entnommen werden.

### *Referenzstadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord*

Der Renovierung im Stadtteil steht im Referenzstadtteil der Neubau entsprechender Häuser gegenüber. Der Neubau wird auf der Grundlage eines vergleichbaren Haustyps mit identischer Wohnfläche nach der in (Öko 1999) angewandten Methodik bilanziert (vgl. Stoffstromanalyse *Freiburg-Vauban, Gebäude*). Die Einfamilienhäuser im Referenzstadtteil unterscheiden sich von denen im Stadtteil nicht hinsichtlich ihrer Geometrien, wohl aber in Bezug auf die verwendeten Baumaterialien.

Für den Referenzstadtteil wurde eine Gesamtmenge von ca. 73.500 t Baumaterialien, ca. 2.044 t Baustellenabfall und ca. 90.500 t Bodenaushub bilanziert.

### *Infrastruktur - Verkehr*

#### Stadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

Bei der Stoffstromanalyse Infrastruktur – Verkehr wurden die bereits durchgeführten Straßenbauarbeiten Walter-Rathenau-Straße und Lilienthalring sowie im Planungsgebiet die Planstraßen 2 bis 9 bzw. Teilstücke davon (siehe Bebauungsplan) untersucht.

Vor Beginn der Straßenbauarbeiten mussten 9.250 m<sup>2</sup> Betonfläche (0,25 m stark) aufgebrochen werden (siehe Bauschutt).

Nach Verlegen aller technischen Versorgungsleitungen wurden im Stadtteil (Pie 1999)

11.760 m<sup>2</sup> Straßen (4.960 m<sup>2</sup> + Planungsgebiet 6.800 m<sup>2</sup>),

11.270 m<sup>2</sup> Fußwege (3.080 m<sup>2</sup> + Planungsgebiet 8.190 m<sup>2</sup>)

4.785 m<sup>2</sup> Zufahrten bzw. Parkfläche (1.615 m<sup>2</sup> + Planungsgebiet 3.170 m<sup>2</sup>)

678 m<sup>2</sup> gepflasterte Rinne,

**insgesamt 28.493 m<sup>2</sup> Verkehrsflächen (10.333 m<sup>2</sup> + Planungsgebiet 18.160 m<sup>2</sup>)** ermittelt.

Bezogen auf den betrachteten Flächenumfang der Vorstadt-Nord des Planungsgebietes von insgesamt ca. 27,4 ha (14,9 ha + Planungsgebiet 12,5 ha) ergibt sich ein Verkehrsflächenanteil von ca. 10 %.

Die einzelnen Stoffmengen des Straßenneubaus können der Tabelle A-3 im Anhang entnommen werden.

#### Referenzstadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

Für den Referenzstadtteil werden identische Straßen, Plätze und Flächen wie für den Stadtteil veranschlagt (vgl. Infrastruktur – Verkehr bei Freiburg-Vauban).

### *Infrastruktur - Ver- und Entsorgungsleitungen*

#### Stadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

Nach dem Aufbruch der alten Betonflächen wurden im Bereich der neuen Straßen, Fußwege, Parkplätze und Zufahrten die neuen Ver- bzw. Entsorgungsleitungen für Trink-, Schmutz- und Regenwasser verlegt. Dieser Neuaufbau war notwendig, da die gesamten Versorgungsnetze auf der Konversionsfläche Flugplatz nach dem Abzug der Westgruppe der russischen Streitkräfte wegen ihres technischen Zustands vom Städtnetz abgetrennt werden mussten.

Zur Ermittlung der Leitungslängen für die Ver- und Entsorgung (Trink-, Schmutz- und Regenwasser, Fernwärme und Strom) im nördlichen Planungsgebiet wurden die Straßenlängen und zusätzliche die Erschließung der einzelnen Grundstücke zugrundegelegt. Daraus ergibt sich insgesamt eine erforderliche Länge von 1.630 m. Diese wurde für alle zu verlegenden Leitungen bilanziert. Die Anteile der einzelnen Leitungsarten (Querschnitte etc.) wurden aus den Angaben zu den im südlichen Teil des Stadtteils bereits verlegten Leitungen übernommen.

#### *Trinkwassernetz*

Die Trinkwassermenge für die Versorgung des Stadtteils wird einer Versorgungsleitung an der östlichen Begrenzung des Stadtteils entnommen. Dabei werden die einzelnen Endverbraucher (Hausübernahmestation) über insgesamt 2.727 m neue Trinkwasserleitungen versorgt.

#### *Schmutzwasser*

Das anfallende Schmutzwasser wird über Sammelkanäle (3.547 m Neubau) zu einem neuen Schmutzwasserpumpwerk (Neubau) geleitet und dann zu einem zentralen Pumpwerk außerhalb des Stadtteils gepumpt.

#### *Regenwasser*

Das Regenwasser wird über neue Sammelkanäle zum Klappgraben geleitet und über diesen in den Ruppiner See entwässert. Dazu wurden 2.930 m Kanal benötigt.

#### *Fernwärmeleitungen*

Die Anbindung der Fernwärmeversorgung an die vorhandene Fernwärmeleitung erfolgt über eine Haupttrasse von der wiederum 17 Stichleitungen abgehen. Inklusiv des Planungsgebietes ergibt sich eine Länge von 5.320 m an Fernwärmeleitungen.

#### *Stromleitungen*

An Stromleitungen ergeben sich insgesamt 3.548 m Kabel die bereits verlegt wurden bzw. im Planungsgebiet noch zu verlegen sind.

#### Referenzstadtteil

Bei der Stoffstromanalyse der Ver- und Entsorgungsleitungen werden für Modell- und Referenzstadtteil identische Stoffströme bilanziert.

#### *Energie*

##### Stadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

Innerhalb der Stoffstromanalyse zur Energie wurden die Bereitstellung von Raumwärme, Warmwasser und Strom untersucht. Dabei werden neben der eigentlichen Erzeugung der durch die Bewohner nachgefragten Energiemengen auch die zur Erzeugung der Energie benötigten Anlagen in der Bilanz berücksichtigt.

Der Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) aller betrachteten Gebäude wird über Fernwärme bereitgestellt. Aus dem spezifischen Heizwärmebedarf der einzelnen Wohngebäude und der zugehörigen Wohnfläche ergibt sich für die Raumwärme eine jährliche Nachfrage von ca. 7.915 GJ.

Der Energieverbrauch (Pro-Kopf-Verbrauch Deutschland: ca. 2,5 GJ/(E\*a)) für Warmwasser beträgt für die zukünftige Bevölkerung (ca. 867 Bewohner) der Vorstadt-Nord rund 2.160 GJ pro Jahr.

Auf der Basis des durchschnittlichen Stromverbrauchs in Deutschland (rund 2,3 MWh/(HH\*a)) ergibt sich bei einer erwarteten Anzahl von 423 Haushalten für die Vorstadt-Nord ein Stromverbrauch von ca. 985 MWh. Detailliertere Angaben zum Stromverbrauch können dem Anhang entnommen werden. Spezifische Angaben für Neuruppin liegen zwar vor, wurden aber aufgrund des geringen Detaillierungsgrades nicht berücksichtigt.

#### Referenzstadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

Für die Referenzhäuser zu den Mauerwerks- und Plattenbauten wird von identischen Energieverbräuchen wie im Stadtteil ausgegangen.

Für die geplanten Häuser im nördlichen Planungsgebiet wird auf der Grundlage der erwarteten Wärmeschutzverordnung (WSV) 2000 angenommen, dass jeweils 50 % der Häuser dem Wärmestandard der WSV 95 und dem NEH-Standard entsprechen. Unter Berücksichtigung des Verhältnisses von Außenfläche und Volumen werden dann für verschiedene Haustypen Energiekennwerte pro m<sup>2</sup> Wohnfläche abgeschätzt. Mit Hilfe der zugrundeliegenden Wohnflächen ergibt sich dann für den gesamten Referenzstadtteil eine jährliche Nachfrage von ca. 8.370 GJ Raumwärme.

#### *Verkehr*

Im Rahmen der Stoffstromanalyse Verkehr werden der Personen- sowie der Güterverkehr untersucht. Grundlage für diese Analyse ist der Verkehr, der von den Einwohnern der Modell- und Referenzstadtteile privat verursacht wird – sowohl in den Stadtteilen als auch außerhalb der Stadtteile (einschließlich Urlaubsreisen).

Aufgrund der Schwerpunktsetzungen der Praxis- und Projektpartner in der Vertiefungsanalyse bestand für den Verkehr zusätzlich zu den Ergebnissen der Querschnittsanalyse kein weitergehender Untersuchungsbedarf. Die im Rahmen der Querschnittsanalyse entwickelte Vorgehensweise, welche stadt-spezifische und bundesdurchschnittliche Daten so zusammenführte, dass sich den Gegebenheiten in Neuruppin gerecht werden, wird somit auch für die Vertiefungsanalyse übernommen. Der Einfluss besonderer soziodemographischer Faktoren im Modell- und Referenzstadtteil auf das Verkehrsverhalten kann daher nur z.T. berücksichtigt werden.

#### Personenverkehr

Da Verkehrsuntersuchungen zum Personenverkehr für den Stadtteil Vorstadt-Nord nicht vorliegen, beruht die Stoffstromanalyse im wesentlichen auf allgemeinen Verkehrsdaten für die Stadt Neuruppin aus dem Jahre 1994 (VEP 1994), die Auskunft über die Anzahl der zurückgelegten Wege und die dabei benutzten Verkehrsmittel gibt. Zur Abschätzung der Verkehrsnachfrage wurden diese stadt-spezifischen Daten um durchschnittliche Werte für die neuen Bundesländer ergänzt (DIW 1999; DIW 1998; MSWV 1995; Enquete 1994).

Da der Stadtteil Vorstadt-Nord keine besondere Verkehrskonzeption aufweist, wird zwischen dem Personenverkehr der Einwohner des Stadtteiles und des Referenzstadtteiles nicht unterschieden. Eine im Vergleich zur Vorstadt-Nord ungünstigere Lage des Referenzstadtteils zu Versorgungseinrichtungen und damit verbunden längere Wege und veränderte Verkehrsmittelwahl bleiben unberücksichtigt.

Im Jahr 1994 wurden in Neuruppin 19 % der Wege zu Fuß, 26 % mit dem Fahrrad und 6 % mit den öffentlichen Verkehrsmittel (ÖV) zurückgelegt. Fast die Hälfte der Wege (49 %) wurden mit einem Pkw oder einem motorisierten Zweirad zurückgelegt (VEP 1994). Für das Bezugsjahr dieser Studie (2000) wurde der Modal-Split-Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) auf 52 % leicht auf Kosten der Fuß- und Fahrrad-Wege angehoben (beide Anteile um 1-%-Punkt reduziert).

Angaben zu den durchschnittlichen Wegelängen lagen aus dem Verkehrsentwicklungsplan (VEP) Neuruppin nicht vor – aus diesem Grund wurden für die Berechnung der Verkehrsleistungen typische Wegelängen für die Neuen Bundesländer herangezogen. Danach wurden pro Person und Jahr von den Einwohnern der Modell- und Referenzstadtteile in Neuruppin 8.600 Personen-Kilometer (Pkm) zurückgelegt (einschließlich Urlaubsfahrten, ohne Flugreisen). 83 % der jährlich zurückgelegten Pkm werden durch den MIV erbracht, nur 7 % durch den ÖV.

Zu Fuß und per Fahrrad werden rund 8 % der jährlichen Verkehrsleistung zurückgelegt. Werden die Flugreisen in die Betrachtung mit einbezogen, steigt die jährliche Verkehrsleistung auf rund 10.600 Pkm pro Einwohner. Insgesamt ergibt sich damit für die Vorstadt-Nord eine Gesamtverkehrsleistung von 9,2 Mio. Pkm/a.

Neben der Verkehrsnachfrage sind für die Stoffstromanalyse Angaben zur Fahrzeugsstruktur (Hubraumklassen, Schadstoffminderungskonzepte) notwendig, da diese die Höhe der Emissionen bestimmt. Für den Pkw-Verkehr als Hauptverkehrsmittel wurden hierzu die Kraftfahrt-Bundesamt-(KBA)-Statistik des Landkreises Ostprignitz-Ruppin ausgewertet (KBA 1999). Pkw-Bestandszahlen für die Stadt Neuruppin selbst liegen nicht vor.

Die KBA-Bestandszahlen wurden nach Emissions- und Hubraumklassen gruppiert und mit durchschnittlichen Fahrleistungen gewichtet. Die entsprechenden Emissionsdaten der Fahrzeuge sind in GEMIS enthalten. Für den Busverkehr lagen spezifische Fahrzeugdaten für Neuruppin vor (ORP 1999), die ebenfalls bei der Stoffstromanalyse berücksichtigt wurden. Für die anderen Fahrzeuge des ÖV (Nah- und Fernverkehrszug, Flugzeug) wurden typische Durchschnittswerte verwendet.

### Güterverkehr

Im Gegensatz zum Personenverkehr liegen keine spezifischen Informationen zum Güterverkehr, verursacht durch die Nachfrage der Neuruppiner Bevölkerung oder der Bewohner des Stadtteiles Vorstadt-Nord, vor. Es wird daher auf durchschnittliche Werte für Deutschland zurückgegriffen. Diese erfassen Lkw- Bahn und Binnenschiff-Transport in Deutschland; Transporte im Ausland bleiben unberücksichtigt. Aufgrund der Durchschnittsbetrachtung ist eine Unterscheidung zwischen dem Stadtteil Vorstadt-Nord und dem Referenzstadtteil nicht sinnvoll (diese Durchschnittswerte werden auch für Freiburg zugrunde gelegt).

Demzufolge erbringt die Eisenbahn pro Person und Jahr derzeit eine Verkehrsleistung von ca. 690 tkm, die Binnenschifffahrt von ca. 525 tkm und der Lkw-Verkehr von ca. 3.400 tkm (DIW 1999). Diese Werte sind bereits um den Durchgangsverkehr sowie um die grenzüberschreitenden Transporte in das Ausland bereinigt, schließt aber Verkehr ein (Binnenverkehr, Empfang), der durch die Produktion von Exportgütern verursacht wird.

Da GEMIS im Rahmen der Stoffstromanalyse anderer Bedürfnisfelder bereits Gütertransporte berücksichtigt (z.B. Transporte aufgrund der Nachfrage nach Baustoffen bzw. Energie<sup>1</sup>), sind diese von den Durchschnittswerten, die sich aus der top-down-Betrachtung ergeben, abzuziehen.

Insgesamt ergeben sich damit im Rahmen der Stoffstromanalyse unberücksichtigte Verkehre pro Person und Jahr von ca. 380 tkm bei der Eisenbahn, 500 tkm bei der Binnenschifffahrt und 1.700 tkm beim Lkw-Verkehr.

Für den gesamten Stadtteil Vorstadt-Nord bzw. für den Referenzstadtteil beträgt die bisher unberücksichtigte jährliche Güternachfrage durch die Bewohner rund 0,33 Mio. tkm per Eisenbahn, 0,44 Mio. tkm per Binnenschiff und 1,46 Mio. tkm per Lkw. Verkehre im Ausland sind hierbei – wie bereits erwähnt – nicht berücksichtigt.

Der Fahrzeugpark als Basis für die Stoffstromanalyse repräsentiert den deutschen Durchschnitt. Die Emissionsdaten der Lastkraftfahrzeuge sind in GEMIS enthalten..

### *Wasser*

#### Trinkwasserverbrauch und –gewinnung

Da für den Stadtteil keine spezifischen Trinkwasserverbrauchsangaben vorliegen, wurden Verbrauchswerte der Kernstadt Neuruppin zur Hilfe genommen. Daraus ergibt sich für das Jahr 1998 ein durchschnittlicher Trinkwasserverbrauch von 98,7 l/(E\*a) und ein Gesamtbedarf von ca. 31.200 m<sup>3</sup> für die Vorstadt-Nord.

Die Förderung des Trinkwassers erfolgt aus Tiefbrunnen (aus einer Tiefe von 80-120m) in sieben Wasserwerken im gesamten Stadtgebiet (330 km<sup>2</sup>) Neuruppin. Der spezifische Stromverbrauch der Wasserförderung liegt im Durchschnitt bei 0,62 kWh/m<sup>3</sup> Trinkwasser.

Der spezifische Materialaufwand für die Trinkwasserförderung wurde auf der Basis eines Wasserwerkes abgeschätzt. Es ergibt sich ein Materialverbrauch von ca. 0,6 kg Beton und ca. 0,1 kg Stahl pro m<sup>3</sup> Trinkwasser.

#### Abwasseraufbereitung

Für das Abpumpen des Abwassers zur Aufbereitung wurde in Neuruppin ein Stromverbrauch von ca. 0,21 kWh/m<sup>3</sup> Abwasser ermittelt.

Das neue Klärwerk der Stadtwerke Neuruppin wurde im Oktober 1999 übergeben. Es löst die bisherige Abwasserreinigung der Rieselfelder ab. (Die Rieselfelder werden jedoch zur Aufrechterhaltung des Grundwasserspiegels und für den Biotopschutz weiter mit gereinigtem Wasser beschickt.)

---

<sup>1</sup> Für das Bedürfnisfeld Ernährung bildet die Stoffstromanalyse derzeit keine Transporte ab.

Die Bilanzierung der Abwasserreinigung erfolgt auf der Basis der Bilanzmodells das für das Klärwerk Freiburg, Breisgauer Bucht, erstellt wurde (siehe Stoffstromanalyse Freiburg-Vauban Wasser).

Für die Entsorgung des Abwassers (ca. 31.200 m<sup>3</sup>) wird ein Materialaufwand (Klärwerk, Pumpwerk und Leitungen) von 0,2 kg Beton und 0,03 kg Stahl pro m<sup>3</sup> Abwasser veranschlagt.

## Abfall

### Stadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

Für die Daten zum spezifischen Aufkommen an Siedlungsabfällen und Wertstoffen wurden die Abfalldaten des zu Neuruppin gehörenden Landkreises Ostprignitz-Ruppin von 1997 (MUNR 1997) sowie Ergebnisse von Hausmüllsortieranalysen 1998/99 (GAVIA 1999) zu Grunde gelegt. Dabei wurden die Hausmüllmengen für ein vergleichbares Wohngebiet (Fernheizungsgebiet<sup>2</sup>) aus der Sortieranalyse übernommen. Die pro Einwohner und Jahr angefallenen Mengen können dem Anhang entnommen werden.

Im Rahmen der Stoffstromanalyse werden die mit der Entsorgung der Haus- und Sperrmüllfraktion (321 kg/(E\*a), Gesamtmenge 278 t) verbundenen Umweltauswirkungen betrachtet. Die Hausmüllfraktion enthält ca. 90 kg Bioabfall. Sortieranalysen über die getrennt erfassten Mengen an Bioabfall liegen derzeit noch nicht vor. Eine separate Bilanzierung des Bioabfalls wird daher nicht vorgenommen. Modellversuche zur Gemeinschaftskompostierung mittels Rotteboxen sind geplant (ab 2000).

Die Siedlungsabfälle aus der Stadt Neuruppin gelangen auf die Deponie Krangen. Diese Deponie entspricht nicht den Anforderungen der TA Siedlungsabfall, genießt jedoch auf der Grundlage des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes Bestandsschutz. Auf der Grundlage einer Gasprognose werden Vorbereitungen für die Nutzung des Deponiegases durch ein Blockheizkraftwerk getroffen. Die erforderlichen Gasbrunnen zur aktiven Entgasung sollen im Jahr 2000 errichtet werden.

Entsprechend dem derzeitigen Stand der Deponie werden die Umweltauswirkungen ohne Deponiegasfassung und ohne Sickerwassererfassung und -behandlung bilanziert. Die entsprechenden Emissionen werden auf der Grundlage des Bilanzierungsmodells aus (Öko 1998c) ermittelt.

### Referenzstadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord

In der Vorstadt-Nord liegen keine Hinweise vor, die einen Unterschied zum Referenzstadtteil hinsichtlich der Stoffströme im Abfallbereich rechtfertigen würden. Entsprechend dem Stadtteil wird auch bei der Referenz von einem Fernheizungsgebiet ausgegangen und identische Umweltauswirkungen berechnet.

---

<sup>2</sup> Fernheizungsgebiete zeigen deutlich über dem Durchschnitt liegende Hausmüllmengen.

## Wohnen

Die Stoffstromanalyse im Bedürfnisfeld Wohnen soll dessen Relevanz im Vergleich zu anderen Bedürfnisfeldern aufzeigen. Zum Bedürfnisfeld Wohnen gehören die Konsumbereiche Lebensmittel, Haushaltsgeräte, Kleidung, Papier und Möbel. Zur Bilanzierung wurden die wichtigsten Artikel jedes Bereiches ausgewählt und zu einem Warenkorb zusammengestellt. Der Bilanzierung eines Warenkorbes liegt zugrunde, dass in jedem Konsumbereich der größte Anteil der Stoffströme durch Produktion, Gebrauch und Entsorgung nur einiger weniger Produkte verursacht wird (Öko 2000c). Die hier getroffene Auswahl an relevanten Produkten orientiert sich an der derzeit verfügbaren Datenlage.

Die Bilanzierung der von den Haushalten in den einzelnen Bereichen nachgefragten Produktmengen beruht auf durchschnittlichen, deutschlandweit gültigen Daten. Eine Unterscheidung sowohl zwischen Modell- und Referenzstadtteil als auch zwischen Vorstadt-Nord Neuruppin und Freiburg-Vauban entfällt somit.

Die Angaben für den Pro-Kopf-Verbrauch von Lebensmitteln der privaten Haushalte stammen aus der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe von 1993.<sup>3</sup> Diese Daten wurden mit Hilfe der jährlich vom BMELF ermittelten Pro-Kopf-Verbräuche an Lebensmitteln insgesamt (private Haushalte, Gaststätten, Kantinen usw.) aktualisiert (BMELF 2000). Da nicht alle Lebensmittel mit Hilfe von GEMIS stoffstromanalytisch bilanziert werden können, konzentrierte sich die Untersuchung auf eine Auswahl, die jedoch 85-90 % der Gesamtmenge der von privaten Haushalten konsumierten Lebensmittel ausmacht (siehe Tabelle im Anhang).

Auch für den Bereich der Haushaltsgeräte wurden Daten der EVS (1998) herangezogen. Sie liefert Angaben zum Ausstattungsbestand der privaten Haushalte mit unterschiedlichen Geräten. Unter Verwendung von Lebensdauern (UBA 1996; UBA 1997; Öko 2000c) wurde so die jährliche Anschaffung von Haushaltsgeräten pro Haushalt bestimmt (siehe Tabelle im Anhang). Die Bilanzierung beschränkt sich hier auf die stoffstromrelevanten Haushaltsgeräte der weißen und braunen Warengruppe, z.B. Kühlschrank, Waschmaschine, Wäschetrockner, Fernseher und PC. Für diese wurde anhand von Ökobilanzen der Materialaufwand ermittelt (z.B. UBA 1999d), wobei für manche Geräte Analogieschlüsse gezogen wurden. So wurde beispielsweise festgelegt: Die Materialmenge und -zusammensetzung eines Videorecorders entspricht der eines Fernsehers abzüglich Bildröhre. Die mit der Herstellung der Materialien verbundenen Umweltauswirkungen sind so mit GEMIS bilanzierbar. Des Weiteren wurde dabei der Energieverbrauch zur Endmontage der Geräte berücksichtigt (BSH 1999; AEG 1999; Grundig 1999).

Die jährliche Möbelnachfrage der privaten Haushalte wurde mit Hilfe von Produktionsstatistiken abgeleitet (HDH/VDM 1999). Aus der Vielzahl unterschiedlicher Möbelstücke wurden sieben charakteristische ausgewählt, die zusammen rund 60 % der jährlichen Möbelnachfrage privater Haushalte ausmachen (z.B. Holztisch, Stuhl, Polstersessel, usw.; siehe Tabelle A-? im Anhang). Für diese sieben Möbelstücke wurden exemplarisch Materialzusammensetzung und -menge erhoben (Öko 2000c). Die mit diesen Materialmengen verbundenen Umwelteffekte wurden wiederum mit GEMIS bilanziert.

---

<sup>3</sup> Die Daten der EVS 1998 sind hierzu derzeit noch nicht verfügbar.

Für den Papierverbrauch wird näherungsweise der gesamtdeutsche Pro-Kopf-Verbrauch aller Papiersorten (Papier, Pappe und Kartonagen) angesetzt und mit GEMIS bilanziert. Für die Analyse des Kleiderkonsums wurde ebenfalls auf durchschnittliche gesamtdeutsche Daten zurückgegriffen (COGNIS 1994). Die Umweltbilanzierung mit GEMIS beschränkte sich vereinfachend auf die Materialien Baumwolle und Kunstfaser.

In Neuruppin Vorstadt-Nord werden somit jährlich rund 538,5 t Lebensmittel, 9,5 t Kleidung, 166,6 t Papiere sowie ca. 410 Haushaltsgeräte (11,1 t) und 530 Möbelstücke (29,9 t) konsumiert.

### **A-3.2 Freiburg-Vauban**

#### *Gebäude*

##### *Stadtteil Freiburg-Vauban*

Die Stoffstromanalyse für Freiburg-Vauban umfasst die bereits errichteten Wohngebäude im Bauabschnitt I sowie den Neubau einer Kindertagesstätte, einer Schule mit Sporthalle und einer Solargarage. An Renovierungsarbeiten an ehemaligen Mannschaftsgebäuden werden außerdem vier Wohnhäuser von SUSI (Selbstorganisierte Unabhängige Siedlungsinitiative) und weitere sechs Häuser des Studentenwerkes (drei zusätzliche Neubauten – wobei ein Neubau an ein renoviertes altes Gebäude angebaut bzw. dieses aufgestockt wurde - des Studentenwerkes wurden ebenfalls in die Bilanz aufgenommen) betrachtet.

Weiterhin wurden die geplanten Wohngebäude der Bauabschnitte II und III, die Reihenhäuser der Solarsiedlung (ohne das „Solarschiff“ das parallel zur Merzhausener Straße entstehen soll), ein weiteres Parkhaus und das Bürgerhaus in die Stoffstrombilanz einbezogen.

Insgesamt ergibt sich damit eine Anzahl von 1.875 Wohneinheiten (WE) und eine Bevölkerung von 4.520 Einwohnern.

Bilanzdaten zu den Gebäuden von Freiburg-Vauban können dem Anhang zur Querschnittsanalyse entnommen werden.

#### *Wohnungsneubau*

In Freiburg-Vauban sind eine Vielzahl unterschiedlicher Häuser zu finden: Von Wohnhäusern von Einzelbauherren über Reihenhäuser von Bauherrengemeinschaften bis hin zu großflächigen Geschosswohnungsbauten von Wohnungsbaugesellschaften sind Unterschiede sowohl bei der Fläche als auch bei der Bauweise gegeben.

Der Stoffstrombilanz der Bauabschnitte I bis III liegen im wesentlichen vier verschiedene Grundtypen an Häusern zugrunde: 4-geschossiger (4) Geschosswohnungsbau (*GWB*) mit außenliegender Treppe (*a*) in Niedrigenergiebauweise (*NEH*) und Passivbauweise (*pas*) mit (*K*) und ohne Keller (Typ *GWB-NEH-4a* und *GWB-K-pas-4a*) sowie entsprechende 3-geschossige Reihenhäuser (*RH*) (Typ *RH-NEH-3* und *RH-K-pas-3*)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Zu den in diesem Bericht verwendeten Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis.

Diese Haustypen wurden mit Hilfe von Daten von vier Häusern aus Freiburg-Vauban (Bauabschnitt I) erstellt. Dabei wurde auf die Bilanzen zum Wärmeschutznachweis und zur Kostenermittlung nach DIN 276 sowie ergänzende Informationen der jeweiligen Architekten zurückgegriffen. Die Haustypen sind über die Bauelementgruppen *Gründung, Fundament, Außenwand Obergeschoss, Außenwand Untergeschoss (Keller), Fenster, Innenwand, Innentüren, Decke* und *Dach* und deren jeweilige Flächen definiert, die wiederum in einem bestimmten Verhältnis zur Wohn- und Geschossfläche stehen. Diese Vorgehensweise beruht auf der in ÖKO (1998a+b) angewandten Systematik.

Ausgehend von diesen vier Haustypen wurden durch Hinzufügen oder Wegnahme von Geschossen und Kellern zusätzliche Haustypen generiert.

Eine weitere Differenzierung wurde hinsichtlich der für Freiburg-Vauban typischen Außentreppe und Laubengänge und hinsichtlich Passivhaus oder Niedrigenergiehaus vorgenommen. Sämtliche Wohnhäuser wurden dann dem jeweiligen Haustyp zugeordnet.

Da die Geometrien der Wohnhäuser (d. h. Flächen der Bauelementgruppen) nur für die ursprünglichen Haustypen, nicht aber für die diesen Haustypen zugeordneten Häuser bekannt sind, wurden die entsprechenden Flächen über eine Korrelation mit der Geschossfläche berechnet. Die Geschossflächen wiederum wurden aus dem Freiburg-Vauban zugrunde liegenden Bebauungsplan über die Grundstücksfläche und die dazugehörige Geschossflächenzahl berechnet.

Der Aufbau der Bauelementgruppen nach Art und Menge an Baumaterialien wurde auf der Grundlage der detaillierten Angaben zu den vier primären Haustypen, einer vom Forum Vauban e. V. durchgeführten Umfrage bei 12 Bauherrengruppen (Brocks 1999), Vorortbegehungen im Bauabschnitt I und (ÖKO 1998a+b) ermittelt.

Die Untersuchungen ergeben für den ersten Bauabschnitt einen Anteil an Holzbauweise in der Größenordnung von 30% und 70 % Kalksandstein. Weitere Bauweisen sind vernachlässigbar.

Analog der Vorgehensweise in (ÖKO 1998a+b) wurden Bauelementgruppen mit einem Standardaufbau definiert und auf die verschiedenen Haustypen angewandt.

Für die in Planung befindlichen Bauabschnitte II und III wurden die relevanten Gebäudeflächen wie oben beschrieben auf der Grundlage des Bebauungsplan ermittelt. Die Gebäudetypen, deren Aufbau und die verwendeten Materialien wurden als identisch mit denen des Bauabschnitts I angenommen. Damit wurden die Art und Mengen an Baumaterialien auf der Basis des ersten Bauabschnittes und der aus dem Bebauungsplan berechneten Geschossfläche berechnet.

### Solarsiedlung

Der Bilanzierung der Solarsiedlung liegt als Haustyp ein 2-geschössiges Reihenhaus mit ausgebautem Dachgeschoss ohne Keller zugrunde. Dieser Haustyp wurde wie oben beschrieben mit Hilfe der Bilanzen zum Wärmeschutznachweis und zusätzlicher Informationen des Architekten (Disch 2000) berechnet. Die weiteren Reihenhäuser wurden auf der Basis der Wohnfläche hochgerechnet.

### Kindertagesstätte Schule mit Sporthalle, Solargarage

Die Stoffstrombilanzen des Kindergartens und der Schule mit Sporthalle beruhen auf dem Nachweis zur Wärmeschutzverordnung und der Kostenermittlung nach DIN 276 und geben damit ebenso wie die Bilanzen zu den vier primären Haustypen die spezifischen Geometrien und Materialien wieder.

Die wesentlichen Baumaterialmengen für den Bau der Quartiersgarage (Solargarage), die von den stellplatzfreien Haushalten in Freiburg-Vauban genutzt (vgl. Stoffstromanalyse Verkehr) wird, wurde über eine Architektenbefragung ermittelt (Ahlers 1999). Das zweite geplante Parkhaus wurde näherungsweise als identisch angenommen.

### Renovierung

Bei der Stoffstromanalyse zur Renovierung der ehemaligen Mannschaftsgebäude kann keine standardisierte Vorgehensweise über Wärmeschutzverordnung, Kostenermittlung und Haustypen angewandt werden.

Im Fall der betrachteten Studentenwerksgebäude wurden die Daten zu den ein- und ausgebauten Baustoffmengen durch das zuständige Architekturbüro zusammengestellt (Ahlers 1999). Es fand eine grundlegende Sanierung statt, wobei auch relevante Flächen an Mauerwerk abgerissen und neu eingebaut wurden.

Im Unterschied dazu fand bei den vier Gebäuden von SUSI eine wesentlich weniger materialintensive Renovierung statt. Wichtige Arbeiten waren der Ersatz oder die Renovierung von Fenstern, die Dachisolierung und der Einbau von Erkern (SUSI 1999).

Analog der Vorgehensweise bei der Stoffstromanalyse Vorstadt-Nord Neuruppin werden die Elektro- und Wasserinstallationen der Gebäude, die Aufwendungen für die Errichtung der Gebäude sowie der anfallende Baustellenabfall und Bodenaushub über die dort angegebenen Faktoren und Rechenwege ermittelt.

Insgesamt wurden für Freiburg-Vauban ca. 202.000 t Baumaterialien berechnet. Zudem wurde ein Anfall von ca. 8.030 t Baustellenabfall und ca. 311.274 t Bodenaushub bilanziert.

### Bauschutt

Bauschutt fällt in erster Linie durch den Abriss der Gebäude und den Aufbruch der Straßen und Plätze der ehemaligen Kaserne an. Eine weitere Ursache für den Bauschuttanfall ist der Ausbau von Baumaterialien im Zuge der Renovierungsarbeiten an den Gebäuden des Studentenwerks und denen von SUSI.

Da über die Bauschuttmengen aus dem Kasernenabriss in Freiburg-Vauban keine Daten zur Verfügung standen, wurden diese Mengen über die Angaben zum Abriss zweier typischer Gebäude (Mannschaftsgebäude und Halle) der Kaserne in Neuruppin sowie der jeweiligen Anzahl dieser Gebäude in Freiburg-Vauban abgeschätzt. Zur Bilanzierung des Straßenaufbruchs wurde die ehemalige Straßenlänge (inkl. Plätze) näherungsweise der für Freiburg-Vauban geplanten Straßenlänge gleichgesetzt und nur die oberste Straßenschicht (Betonplatte) als Aufbruch berechnet.

Die Bauschuttmengen aus der Renovierung der Studentenwerksgebäude wurde aus (Ahlers 1999) entnommen. Für die Gebäude von SUSI wurden die Menge auf der Grundlage der durchgeführten Arbeiten abgeschätzt.

Insgesamt wurde eine Menge von ca. 154.000 t an Bauschutt berechnet. Die einzelnen Bauschuttmengen können der Tabelle 13 im Anhang entnommen werden.

#### Referenzstadtteil Freiburg-Vauban

Die Bilanzierung der Baumaterialmengen des Referenzstadtteils basiert auf den Geometrien der Neubauten, die bereits im Rahmen der Stoffstromanalyse des Stadtteils ermittelt wurden. Das heißt, dass die dort bilanzierten Flächen der Bauelementgruppen für den Referenzstadtteil übernommen werden.

Bei Neubauten beruht der Unterschied zwischen dem Referenz- und dem Stadtteil somit nur auf den verschiedenen Baumaterialien, aus denen die jeweiligen Bauelementgruppen aufgebaut sind. Für diese Bauelementgruppen werden Standardaufbauten des jeweiligen Haustyps verwendet, die dem deutschen durchschnittlichen Baumaterial-Mix entsprechen (ÖKO 1998a+b).

Da beim Referenzstadtteil von einem Neubau sämtlicher Gebäude ausgegangen wird, wird für die renovierten Studentenwerksgebäude und die Wohngebäude von SUSI der entsprechende Neubau an Wohngebäuden bilanziert. Da die Geometrie der ehemaligen Kasernengebäude nicht den Bauelementflächen heutiger Gebäude entspricht wird als Neubau ein entsprechender Haustyp aus (ÖKO 1998a+b) verwendet. Den Neubauten werden dabei die identischen Wohnflächen zugrunde gelegt wie die der ehemaligen Kasernengebäude. Für den Aufbau der Bauelementgruppen werden wieder die oben beschriebenen Standardaufbauten mit dem durchschnittlichen Material-Mix verwendet.

Für den Referenzstadtteil wurde eine Gesamtmenge von ca. 285.000 t Baumaterialien, ca. 8.640 t Baustellenabfall und ca. 369.000 t Bodenaushub bilanziert.

#### *Infrastruktur - Verkehr*

##### Stadtteil Freiburg-Vauban

Im Untersuchungsbereich des Stadtteils von Freiburg-Vauban ist der Bau von insgesamt

4.880 m Straße,

2.030 m Fuß- und Radwegen und

9.220 m<sup>2</sup> öffentlichen Plätzen

geplant. Der Bau der Straßenbahnlinie entlang der Vaubanallee ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht gesichert, daher wird deren Materialbilanz nicht berücksichtigt.

Die oben wiedergegebenen Längen und Flächen wurden anhand des Bebauungsplanes abgemessen. Der Aufbau der jeweiligen Straßen, Wege und Plätze (Schichtdicke und Art des Materials pro Querschnitt) wurde anhand von Profilzeichnungen der in Freiburg-Vauban vorliegenden Straßen (Geschäftsstelle 1999) ermittelt. Aus den verschiedenen vorliegenden Profilen und den dazugehörigen abgemessenen Längen wurde daraufhin die Stoffstrombilanz erstellt.

Für die gesamte Straßenbauinfrastruktur wurde ein Materialbedarf von insgesamt ca. 97.000 t berechnet.

##### Referenzstadtteil Freiburg-Vauban

Neben der Art der Straßenführung stellt die Dichte der Bebauung, die wiederum direkt von den Grundstückspreisen abhängig ist, einen wesentlichen Faktor für die Länge der Straßen, Geh- und Radwege eines Neubauviertels dar.

Unter der Annahme identischer Grundstückspreise und gleicher Straßenführung ergibt sich für den Referenzstadtteil kein Unterschied hinsichtlich der Stoffstrombilanz.

### *Infrastruktur - Ver- und Entsorgungsleitungen*

#### Stadtteil Freiburg-Vauban

Im Rahmen der Stoffstromanalyse zu Ver- und Entsorgungsleitungen wurden die Bereiche Wasser, Fernwärme und Strom betrachtet.

Die Angaben zu Länge und Art der Leitungen beruhen auf den Angaben von (FEW 1999) und beziehen sich auf das Gesamtgebiet von Freiburg-Vauban. Aus den Angaben zur Art der Leitungen wurde mit Hilfe von Literaturdaten (Schneider 1996) der Querschnittsaufbau und daraus die Masse der verwendeten Materialien pro m Leitung berechnet.

Insgesamt wurden 39 verschiedene Leitungen und Kanäle (inkl. Kies-/Sandbett) mit einer Gesamtlänge von ca. 60.000 m bilanziert. Daraus ergibt sich ein Materialbedarf für das Errichten dieser Leitungen von ca. 43.000 t.

#### Referenzstadtteil Freiburg-Vauban

Für den Referenzstadtteil werden identische Leitungen bzw. Kanäle und Leitungs- bzw. Kanal-längen angenommen.

### *Energie*

#### Stadtteil Freiburg-Vauban

Der Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) für fast alle Gebäude in Freiburg-Vauban wird über ein Nahwärmenetz (Gaskessel) bereitgestellt. Das Studentenwerk verfügt über eine eigene Wärmeversorgung. Zusätzlich wird Warmwasser über Solarkollektoren erzeugt: Wohngebäude Bauabschnitt I bis III ca. 800 m<sup>2</sup> (Bauabschnitte II und III wurden auf der Basis der Installationen des ersten Bauabschnittes hochgerechnet), Solarsiedlung 119 m<sup>2</sup> (anteilig, von den insgesamt 500 m<sup>2</sup> die auf dem Solarschiff für die gesamte Solarsiedlung geplant sind), Studentenwerk 144 m<sup>2</sup> und SUSI 25 m<sup>2</sup> (Röhrenkollektoren).

Alle Wohngebäude in Freiburg-Vauban wurden zumindest in Niedrigenergiebauweise erstellt (maximal 55 kWh/(m<sup>2</sup>\*a), nach dem Freiburger Verfahren berechnet und in Bezug zur Wärmeschutzverordnung ,95 (WSVO 1995) gesetzt). Aus den Energiekennziffern und den Wohnflächen der Gebäude errechnet sich für Freiburg-Vauban ein jährlicher Heizwärmebedarf von ca. 24.200 GJ.

Über den spezifischen Warmwasserverbrauch (vgl. Neuruppin) ergibt sich ein Energieverbrauch für Warmwasser von ca. 11.260 GJ pro Jahr. Davon werden 1.307 GJ durch den Einsatz der Solarkollektoren erzeugt.

Über den spezifischen Stromverbrauch der Haushalte errechnet sich für Freiburg-Vauban ein Gesamtverbrauch von ca. 3.760 MWh. Ein zusätzlicher Stromverbrauch von ca. 12 MWh (ca. 1 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) Wohnfläche) ergibt sich für Freiburg-Vauban durch die Pumpen für die Umluft in den Passivhäusern. Dem steht eine Stromerzeugung in der Höhe von ca. 495 MWh durch Photovoltaikanlagen (Solarsiedlung 305 kW, Wohngebäude Bauabschnitt I bis III 15 kW und Solargaragen 180 kW; Bauabschnitte II und III sowie die zweite Solargarage wurde auf der Grundlage der bereits installierten Leistungen hochgerechnet) gegenüber. Durch ein Förderprogramm für energieeffiziente Haushaltsgeräte (LIFE-Programm) sowie den Einsatz von Energiesparlampen können weitere 56 MWh an Strom eingespart werden.

#### Referenzstadtteil Freiburg-Vauban

Bei der Bilanzierung des Heizwärmebedarfs im Referenzstadtteil wird für die bereits erstellten Gebäude angenommen, dass entsprechend dem bundesdeutschen Mix 95 % der Wohnhäuser die Wärmeschutzverordnung '95 einhalten und nur 5 % in Niedrigenergiebauweise erstellt wurden. Nach Abschätzung des Verhältnisses von Außenfläche und Volumen werden wiederum für die vorliegenden Haustypen Energiekennwerte pro m<sup>2</sup> Wohnfläche ermittelt (vgl. Referenzstadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord). Für die noch nicht erbauten Wohngebäude wird im Referenzstadtteil ein Mix von 50 % NEH-Standard und 50 % Wärmeschutzverordnung '95 angenommen (vgl. Referenzstadtteil Neuruppin Vorstadt-Nord). Daraus ergibt sich für den gesamten Referenzstadtteil ein Energiebedarf für Raumwärme von ca. 33.600 GJ pro Jahr.

Im Referenzstadtteil wird davon ausgegangen, dass es weder thermische Solaranlagen noch Photovoltaikanlagen gibt. Entsprechend ergibt sich ein jährlicher Stromverbrauch von ca. 3.760 MWh und eine Energiemenge von ca. 11.260 GJ pro Jahr für Warmwasser.

#### *Verkehr*

##### Personenverkehr

Im Gegensatz zum Stadtteil Vorstadt-Nord in Neuruppin wurde für den Stadtteil Freiburg-Vauban ein spezielles Verkehrskonzept entwickelt, das eine gesonderte Betrachtungen des Stadtteils erforderlich macht. Besonders hervorzuheben für die weitere Betrachtungen sind (Nobis 1998; VAW 1999; VAG 1999; Forum Vauban 2000):

- Stellplatz-/autofreies Wohnen: Im ersten Bauabschnitt sind drei von vier und im zweiten Bauabschnitt 4 von 6 Baufelder stellplatz-/autofrei (Gesamtfläche: rund 13 ha). Wer ein Auto besitzt, parkt dieses in einer Sammelgarage am Rand des Wohngebietes. Von den zukünftig rund 1.200 Haushalten in den Bauabschnitten I-III werden voraussichtlich zwischen 300 und 400 ohne eigenes Auto sein. Im Bauabschnitt I sind heute bereits 140 Haushalte autofrei.
- Stadt der kurzen Wege: Der Stadtteil ist bzw. wird mit der erforderlichen Infrastruktur wie Schulen, Kindergärten, Läden usw. ausgestattet. Zudem liegt der Stadtteil lediglich ca. 3 km von der Freiburger Innenstadt entfernt. Auch ein Naherholungsgebiet ist in unmittelbarer Nähe.
- Mobilpaket Freiburg-Vauban: Bis Ende 1999 stand den Stadtteil-Bewohnern steht ein kostengünstiges Kombinationsangebot zur Verfügung, das die Nutzung von Car-Sharing-Fahrzeugen (Fahrzeuge stehen auf dem Vauban-Gelände) und den einmaligen Erhalt einer kostenlosen ÖPNV-Jahreskarte plus Bahn-Card enthielt.

## Stadtteil Freiburg-Vauban

Aussagen zu den Auswirkungen dieser Maßnahmen auf das Verkehrsverhalten der Bewohner von Freiburg-Vauban liegen derzeit nicht vor (Forum Vauban 2000). Aus diesem Grund wurde im ersten Schritt auf der Basis des Modal Split der Freiburger-Bevölkerung des Jahres 1992<sup>5</sup> eine aktuelle Aufteilung für die „nicht-autofreien“ Bewohner von Freiburg-Vauban geschätzt (ÖKO 1995; DIW 1998a). Hierbei wurde berücksichtigt, dass durch die gute Infrastruktur-Versorgung im Stadtteil insbesondere der Einkaufs- und Versorgungsverkehr verstärkt zu Fuß und mit dem Fahrrad erledigt wird.

Die Berücksichtigung besonderer soziodemographischer Faktoren (z.B. hoher Anteil junger Familien mit Kindern) im Stadtteil für die Ableitung des Verkehrsverhaltens blieb unberücksichtigt (siehe Anmerkungen zur Vorstadt-Nord in Neuruppin).

Die „nicht-autofreien“ Bewohner von Freiburg-Vauban legen nach diesen Berechnungen 24 % der Wege zu Fuß, 23 % mit dem Fahrrad und 17 % mit dem ÖPNV zurück. 36 % der Wege entfallen auf den MIV (jeweils ohne Geschäfts- und Urlaubsverkehr). Hierbei wurde unterstellt, dass sich das Verkehrsverhalten der Vauban-BewohnerInnen im stellplatzfreien Bereich kaum vom Verhalten der Bewohner im Bereich mit Stellplätzen unterscheidet.

Unter Verwendung von typischen Reiseweiten je Verkehrsmittel ergeben sich als Gesamtverkehrsleistung pro „nicht-autofreien“ Einwohner und Jahr ca. 7.500 Pkm (einschließlich Urlaubsfahrten, siehe DIW 1998a+998b). Rund 69 % der Verkehrsleistung wird mit dem MIV erbracht und 19 % mit dem ÖV. Werden die Urlaubsflüge ebenfalls berücksichtigt, beträgt die Verkehrsleistung rund 9.500 Pkm pro Einwohner und Jahr.

Zur Ableitung des Verkehrsverhaltens der Bewohner ohne eigenes Auto („autofreies Wohnen“) kann auf Untersuchungen zum Verkehrsverhalten von Car-Sharing-Kunden zurückgegriffen werden (Muheim 1998; Pesch 1996). Grundsätzlich ist der „klassische“ Car-Sharing-Kunde bereits ein Wenig-Pkw-Fahrer. Unabhängig von dieser Tatsache ergeben sich durch den Verzicht auf ein eigenes Auto und die Nutzung eines Car-Sharing-Fahrzeuges ein Rückgang der jährliche Pkw-Fahrleistung um rund 2.000 bis 3.000 Pkm/Person, während die Gesamtfahrleistung nur geringfügig zurückgeht (Muheim 1998: rund 400 Pkm pro Person). Gewinner dieses MIV-Rückganges ist insbesondere der ÖV.

Für die „autofreien“ Bewohner von Freiburg-Vauban wurde ein dem Car-Sharing-Kunden ähnliches Verhalten unterstellt (Abnahme der Gesamtfahrleistung: 400 Pkm pro Einwohner; Abnahme MIV: 3.000 Pkm). Insgesamt ergibt sich damit für den Stadtteil pro Einwohner (Durchschnitt für autofreie und nicht-autofreie Bewohner) eine Verkehrsleistung von 7.400 Pkm; davon werden 62 % mit dem MIV und 25 % mit dem ÖV erbracht. Für Freiburg-Vauban insgesamt ergibt sich damit eine Gesamtfahrleistung von 42,3 Mio. Pkm pro Jahr (einschließlich Bewohner von SUSI und Studenten).

Wie bereits für die Vorstadt-Nord in Neuruppin wurde der Pkw-Fahrzeug-Mix für die Stoffstromanalyse mit Hilfe der KBA-Statistiken erstellt (KBA 1999, GEMIS). Dieser Pkw-Mix konnte für Freiburg, nicht aber Vauban-spezifisch bestimmt werden. Für den Energieverbrauch der Busse und Straßenbahnen sowie deren Auslastungen standen Daten der Freiburger Verkehrsbetriebe zur Verfügung (VAG 1999).

---

<sup>5</sup> Eine Aktualisierung wird derzeit vom Büro Retzko, Topp+Partner durchgeführt, liegt aber noch nicht vor.

### Referenzstadtteil Freiburg-Vauban

Für den Referenzstadtteil wurde das durchschnittliche Freiburger Verkehrsverhalten (ohne auto-/stellplatzfreies Wohnen) unterstellt. Aufgrund der Nähe des Stadtteils Freiburg-Vauban zur Innenstadt (rund 3 km, s.o.), ist zwar davon auszugehen, dass für den Referenzstadtteil die Reiseweiten über denen von Freiburg-Vauban liegen dürften – dies wurde zum Teil berücksichtigt. Im Referenzstadtteil werden rund 7.750 Pkm pro Person und Jahr zurückgelegt. Mit 70 % dominiert der MIV; 19 % der Verkehrsleistung wird durch den ÖV erbracht. Insgesamt ergibt sich für den Referenzstadtteil ein Gesamtverkehrsaufkommen von 43,9 Mio. Pkm pro Jahr (einschließlich Urlaubsflüge).

Als Fahrzeugdaten wurden für den Referenzstadtteil die Werte des Stadtteils übernommen.

### Güterverkehr

Die Vorgehensweise zur Bestimmung des Güterverkehrs in Freiburg, der durch die Stoffstromanalyse der anderen Bedürfnisfelder nicht berücksichtigt wird, entspricht der in Neuruppin. Für den gesamten Stadtteil Freiburg-Vauban bzw. dem Referenzstadtteil werden pro Jahr Güterverkehre in Höhe von 1,71 Mio. tkm per Eisenbahn, 2,27 Mio. tkm per Binnenschiff und 7,60 Mio. tkm per Lkw nachgefragt. Der Fahrzeugpark für die Stoffstromanalyse repräsentiert den deutschen Durchschnitt (GEMIS-Datenbasis).

### Wasser

Der tägliche Pro-Kopf-Verbrauch an Trinkwasser beträgt in Freiburg durchschnittlich ca. 115 Liter. Im Rahmen der Stoffstromanalyse wird dieser Wert auch für die BewohnerInnen von Freiburg-Vauban übernommen. Über die Einwohnerzahl Freiburg-Vaubans ergibt sich daraus ein jährlicher Trinkwasserverbrauch von ca. 190.000 m<sup>3</sup>. Für die Förderung dieser Wassermenge werden ca. 101 MWh Strom benötigt (0,53 kWh/m<sup>3</sup> Trinkwasser).

Die anfallende Abwassermenge wird in erster Näherung der Trinkwassermenge gleichgesetzt. Für das Abpumpen des Abwassers zum Klärwerk werden ca. 142 MWh Strom verbraucht (0,75 kWh/m<sup>3</sup> Abwasser (SUSI 1999)).

Das Abwasser Freiburg-Vaubans wird im Klärwerk Forchheim, Breisgauer Bucht (Klärwerk 1999) gereinigt (Strombedarf 0,29 kWh/m<sup>3</sup> Abwasser). Der dabei anfallende Klärschlamm wird zu Faulgas (0,096 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> Abwasser) umgesetzt, das wiederum zur Trocknung von Klärschlamm verbrannt wird. Der noch verbleibende Überschuss an Faulgas wird zur Stromerzeugung (0,08 kWh/m<sup>3</sup> Abwasser) in einem BHKW (keine Nutzung der Abwärme) eingesetzt. Für die Bilanzierung des Materialaufwandes der Abwasserentsorgung werden die Angaben aus Neuruppin (0,2 kg Beton und 0,03 kg Stahl pro m<sup>3</sup> Abwasser) übernommen.

Für den Referenzstadtteil werden identische Stoffströme und Umweltauswirkungen angesetzt.

### Abfall

Als Daten zum Aufkommen an Siedlungsabfällen und Wertstoffen wurden die aktuellen Abfallmengen Freiburgs zu Grunde gelegt. Ein für Freiburg-Vauban spezifisches Abfallkonzept gibt es zumindest bisher nicht. Die pro Einwohner und Jahr angefallenen Abfall- und Wertstoffmengen stammen aus Abfallwirtschaft (1999).

Im Rahmen der Querschnittsanalyse werden die Entsorgung von 796 t Restabfällen und 131 t Bioabfall betrachtet.

Die Restabfälle Freiburgs werden auf einer Deponie mit Deponiegasfassung und Sickerwasserreinigung entsorgt. Die entsprechenden Emissionen werden auf der Grundlage des Bilanzierungsmodells aus (ÖKO 1998c) ermittelt. Das gefasste Deponiegas wird in einem BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt (0,19 MWh Strom/t Restmüll). Pro Tonne Restabfall werden 0,02 GJ Diesel (für die Verdichtung und Zerkleinerung des Abfalls) und 1,5 kWh Strom für die Sickerwasserreinigung benötigt (Deponie 1999).

Der Bioabfall wird in einer Vergärungsanlage für Bioabfälle verwertet. Das dabei entstehende Biogas wird in einem BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung verbrannt. Dabei werden pro Tonne Bioabfall ca. 0,29 MWh Strom erzeugt.

Für den Referenzstadtteil werden identische Stoffströme und Umweltauswirkungen angesetzt.

### *Wohnen*

Die Zusammenstellung des Warenkorb wurde bereits in der Stoffstromanalyse zu Neuruppin beschrieben.

Entsprechend der Bevölkerungszahl von Freiburg-Vauban ergibt sich insgesamt ein jährlicher Konsum von ca. 2.885 t Lebensmitteln, ca. 870 t Papier, Pappe und Karton, 49,7 t Kleidung sowie die Anschaffung von 1.640 Haushaltsgeräten (rund 40,6 t/a) und 1.880 Möbelstücken (rund 132,1 t/a).

### **A-3.3 Stoffstromanalyse zum Bürgerhaus Freiburg-Vauban**

Bei dem ehemaligen Kasernengebäude, das als zukünftiges Bürgerhaus genutzt werden soll, handelt es sich um ein 3-geschössiges Gebäude mit einer Nutzfläche von ca. 1.840 m<sup>2</sup>.

Die Stoffströme der Renovierungsarbeiten für das zukünftige Bürgerhaus wurden auf der Grundlage der derzeitigen Planungsunterlagen (Forum 1999), (Glatz 2000) abgeschätzt. Die wesentlichen Arbeiten stellen dabei die Wärmeisolierung der Außenhülle, Innenwand- und Fußbodenarbeiten, Erneuerung der Fenster sowie eine neue Erschließungsgalerie dar. Für die Renovierungsarbeiten werden insgesamt ca. 390 t an Baumaterialien benötigt. Es wird angenommen, dass das Gebäude nach den Renovierungsarbeiten einen Niedrigenergiestandard besitzt.

Da für ein Gebäude mit der Nutzung als Bürgerhaus kein Daten für ein Referenzgebäude zur Verfügung stehen, wurde für den Passivhaus-Neubau ein Gebäude mit der identischen Geometrie und Nutzfläche des ehemaligen Kasernengebäudes angesetzt. Die entsprechenden Flächen der Bauelemente wurden aus den Bauplänen des Kasernengebäudes abgemessen. Für die Baumaterialien wurden die Daten aus (ÖKO 1998a+b) verwendet. Insgesamt werden für den Neubau ca. 4.330 t an Baumaterialien benötigt.

Für das eigentliche Errichten des Gebäudes werden für den Neubau im Vergleich zu den Renovierungsarbeiten die doppelten Aufwendungen veranschlagt.

### A-3.4 Stadtteil Neuruppin - Vorstadt-Nord

Tabelle 1 Gesamtdarstellung der Gebäude des Stadtteils, Vorstadt-Nord Neuruppin

	Plattenbau	Mauerwerksbau	1-2 FH	Summe	Ref MFH	Ref 1-2 FH	Summe Referenz
Gebäude	6	7	73	<b>86</b>	13	73	<b>86</b>
Einwohner	272	331	264	<b>867</b>	603	264	<b>867</b>
Wohnfläche [m²]	10.100	10.200	10.200	<b>30.500</b>	20.300	10.200	<b>30.500</b>
WE	204	131	88	<b>423</b>	335	88	<b>423</b>
Baugrubeninhalt [m³]	0	0	17.200	<b>17.200</b>	40.800	17.200	<b>58.000</b>
Grundfläche [m²]	3.300	4.800	7.400	<b>15.400</b>	8.900	7.400	<b>16.300</b>
Raumwärme [MWh]	750	770	680	<b>2.200</b>	1.520	800	<b>2.330</b>
Baumaterialien [t]	1.800	3.400	21.720	<b>26.920</b>	49.070	24.420	<b>73.490</b>
<i>Errichtung der Gebäude:</i>							
Strom [MWh]	34	34	69	<b>137</b>	136	69	<b>205</b>
Diesel [GJ]	1.000	1.010	2.030	<b>4.040</b>	4.020	2.030	<b>6.050</b>
Baustellenabfall [t]	340	340	690	<b>1.360</b>	1.360	690	<b>2.040</b>
Bodenaushub [t]	0	0	26.800	<b>26.800</b>	63.700	26.800	<b>90.500</b>
Personentransport [Pkm]	13.000	15.100	315.400	<b>343.400</b>	56.200	315.400	<b>371.500</b>

Tabelle 2 Bauschuttmengen aus Abriss und Renovierung, Vorstadt-Nord Neuruppin

Herkunft	Bauschutt	t
Abriss Kaserne	Beton/Ziegel	34.000
	Abbruchholz	1.700
	Baumischabfall	1.050
	Eisenschrott	350
	Dachpappe	200
	Wellasbest	210
	<i>Summe</i>	<b>37.500</b>
Strasse	Bauschutt	3.470
Plattenbau	Innenwände	58
	Innentüren	69
	Fenster	42
	<i>Summe</i>	<b>169</b>
Mauerwerksbau	Innenwände	500
	Innentüren	46
	Fenster	44
	<i>Summe</i>	<b>590</b>
<b>Gesamtmenge</b>		<b>42.000</b>

Tabelle 3 Baustoffmengen der Infrastruktur – Verkehr der Vorstadt-Nord Neuruppin

Baumaterial	t
Asphalt	2.820
Schotter	26.170
Pflaster	3.610
<b>Summe</b>	<b>32.610</b>

*Tabelle 4 Spezifischer Stromverbrauch nach Verbrauchszwecken (Durchschnittswerte Deutschland)*

<b>Verbraucher</b>	<b>kWh/(HH*a)</b>
Beleuchtung	260
Kühlschrank	210
Gefriergerät	200
Kühl-Gefrierkombination	110
Elektroherd	330
Waschmaschine	160
Wäschetrockner	100
Geschirrspülmaschine	120
TV, Audio	230
Sonstiges	860
<b>Summe</b>	<b>2330</b>

*Tabelle 5 Aufkommen an Siedlungsabfällen und Wertstoffen, Vorstadt-Nord Neuruppin*

<b>Abfall-/Wertstofffraktion</b>	<b>kg/(E*a)</b>
Hausmüll	189
hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	120
Sperrmüll	132
Wertstoffe (gesamt)	191
darunter: Papier, Pappe, Karton	68
Glas	39
Leichtverpackungen	35

Tabelle 6 *Lebensmittelkonsum privater Haushalte 1998*

	<b>ABL 1998</b>	<b>NBL 1998</b>
	<b>kg je Einwohner und Jahr</b>	<b>kg je Einwohner und Jahr</b>
Fleisch (frisch, gefroren, Konserven)	27,1	27,3
Wurstwaren, Schinken	19,5	23,3
Konsummilch	56,6	52,0
Sahne	4,5	5,3
Joghurt (auch Dickmilch)	14,0	15,7
Übrige Milcherzeugnisse	11,3	12,7
Käse (einschl. Frischkäse)	14,7	12,0
Butter	4,9	5,4
Margarine	4,0	8,2
Speiseöle (incl. Speisefette)	3,6	2,5
Obst, frisch	33,3	30,9
Zitrusfrüchte	10,6	14,1
Südfrüchte	10,5	12,4
Trockenobst	0,3	0,1
Obstkonserven, tiefgefrorenes Obst	2,4	3,0
Kartoffeln	40,2	49,5
Kartoffelerzeugnisse	4,9	4,0
Gemüse, frisch	33,9	35,2
tiefgefrorenes Gemüse	3,0	2,3
Gemüsekonserven	6,7	7,7
trockene ausgelöste Hülsenfrüchte	0,3	0,2
sonstige Gemüseerzeugnisse	0,1	0,1
Brot und Brötchen	37,1	40,7
Zucker	8,3	7,1
Weizenmehl	8,9	5,2
Nudeln	4,3	3,2
Fertiggerichte	7,4	5,1
Frucht- und Gemüsesäfte	43,8	59,7
Tafelwässer	114,6	58,6
Erfrischungsgetränke (o. Wasser)	53,2	52,2
Spirituosen	2,3	4,0
Bier	51,9	61,3
<b>Lebensmittelkonsum insgesamt</b>	<b>638,3</b>	<b>621,1</b>
Quellen: EVS 1993; StaBu 1999; Berechnungen des Öko-Institutes.		

*Tabelle 7 Jährliche Wiederbeschaffung ausgewählter Geräten in privaten Haushalten sowie Ausstattungsbestand, Ausstattungsgrad und angenommene Lebensdauer für die Haushaltsgeräte*

	<b>Jährliche Ersatz an Geräten</b>	<b>Ausstattungsbestand</b>	<b>Ausstattungsgrad</b>	<b>Lebensdauer</b>
	<b>Geräte pro 100 Haushalte</b>	<b>Geräte pro 100 Haushalte</b>	<b>Haushalte pro 100 Haushalte</b>	<b>Jahre</b>
Kühlschrank <sup>1)</sup>	8,6	111	99	13
Fernseher	12,7	140	96	11
PC	9,1	46	41	5
Waschmaschine	7,7	93	92	12
Wäschetrockner	2,3	30	29	13
Gefrier-schrank/Gefriertruhe n2)	4,3	56	50	13
Elektroherd3)	7,6	99	99	13
Mikrowelle	4,0	51	51	13
Geschirrspüler	3,8	45	45	12
Drucker	9,1	46	46	5
Modem	2,0	10	18	5
Videorecorder	7,4	74	62	10
SAT-Receiver	3,0	30	29	10
HiFi-Anlage	8,5	85	67	10
Radio-Recorder/Stereo-Rundfunkgerät	8,6	128	80	15

<sup>1)</sup> Einschließlich Kühl-Gefrier-Kombinationen. – <sup>2)</sup> Ohne Kühl-Gefrier-Kombinationen. – <sup>3)</sup> Vereinfachende Annahme: nur Elektroherd.

Quellen: EVS 1998; StaBu 1999; UBA 1996; UBA 1997; GfK/ZVEI 2000; Öko 2000c.

Tabelle 8 Jährliche Anschaffung von ausgewählten Möbeln privater Haushalte 1998

<b>Anschaffung folgender Möbelgruppen</b>	<b>Anschaffung pro 100 Haushalte und Jahr in Stück</b>
<b>Möbel insgesamt</b>	<b>224,0</b>
darunter:	
Stühle	12,9
Sofa (Mehrsitzer)	9,1
Polstersessel	7,1
Tische	3,0
Schränke	15,5
Matratzen	13,8
Küchenelemente	64,8
Summe Möbelauswahl	126,1
Anteil an Möbel insgesamt	56,2%
Quellen: HDH/VDM; Berechnungen des Öko-Institutes.	

Tabelle 9 Ergebnisse des Basis-Szenarios Neuruppin, Stadtteil Vorstadt-Nord

<b>Modell Neuruppin</b>	<b>CO2-Äq t/a</b>	<b>SO2-Äq kg/a</b>	<b>KEA GJ/a</b>	<b>Ressource t/a</b>	<b>Reststoff t/a</b>
Wärme	940	900	15.710	20	260
Strom	680	830	10.760	20	1.990
Waren	1.500	16.580	11.230	3.160	1.870
Gebäude	170	610	1.710	590	300
Infrastruktur	40	170	790	820	140
Verkehr	1.540	29.340	20.840	80	200
Abfall/Was.	310	40	330	30	70
<b>Summe</b>	<b>5.180</b>	<b>48.460</b>	<b>61.360</b>	<b>4.720</b>	<b>4.820</b>

### A-3.5 Freiburg-Vauban

Tabelle 10 Darstellung der verschiedenen Haustypen des Stadtteils Freiburg-Vauban, Bauabschnitt I

#### Reihenhäuser mit innerliegender Treppe

Typ	RH-K-pas-3	RH-K-NEH-3	RH-K-NEH-4	RH-NEH-3	RH-NEH-4
Gebäude	1	16	16	2	3
Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	1.100	4.400	7.000	300	2.000
WE	7	27	45	2	17
Grundstücksfläche [m <sup>2</sup> ]	1.600	4.900	8.100	320	2.100
Baugrubeninhalt [m <sup>3</sup> ]	3.200	11.800	13.600	850	3.800
Geschoßfläche [m <sup>2</sup> ]	1.100	5.200	8.100	350	2.400
Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	600	2.200	2.600	150	750
Wärmebedarf [GJ]	59	820	1.400	58	400

#### Haustypen mit außenliegender Treppe

Typ	RH-K-NEH-4a	GWB-K-NEH-4a	GWB-NEH-4a	GWB-K-pas-4a
Gebäude	2	2	1	1
Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	1.400	1.200	1.600	1.200
WE	15	12	19	13
Grundstücksfläche [m <sup>2</sup> ]	1.100	1.200	1.400	1.300
Baugrubeninhalt [m <sup>3</sup> ]	2.100	2.300	2.400	2.000
Geschoßfläche [m <sup>2</sup> ]	1.300	1.400	1.900	1.200
Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	400	450	460	400
Wärmebedarf [GJ]	240	210	290	65

#### GWB mit innenliegender Treppe

Typ	GWB-K-NEH-4	GWB-NEH-4
Gebäude	14	3
Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	11.400	1.900
WE	153	28
Grundstücksfläche [m <sup>2</sup> ]	12.500	1.800
Baugrubeninhalt [m <sup>3</sup> ]	21.400	3.700
Geschoßfläche [m <sup>2</sup> ]	13.300	2.200
Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	4.300	720
Wärmebedarf [GJ]	2.200	370

#### über Architektenbefragung bilanzierte primäre Haustypen

Typ	RH-K-pas-3	RH-NEH-3	GWB-K-pas-4	GWB-K-NEH-4
Gebäude	1	1	1	1
Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	500	1.000	1.500	1.400
WE	3	6	20	17
Grundstücksfläche [m <sup>2</sup> ]	800	1.100	1.900	1.200
Baugrubeninhalt [m <sup>3</sup> ]	1.700	350	2.200	2.100
Geschoßfläche [m <sup>2</sup> ]	660	1.200	1.700	1.700
Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	220	400	430	410
Wärmebedarf [GJ]	26	110	72	250

Tabelle 11 Gesamtdarstellung der Gebäude des Stadtteils, Freiburg-Vauban

	Häuser BA I bis III	Solar-siedlung	SUSI	Studentenwerk	Kindergarte n/ Schule/ Solargarage	Bürgerhaus	Gesamt
Gebäude	172	10	4	8	4	1	<b>199</b>
Einwohner	3.549	150	225	596	0	0	<b>4.520</b>
Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	97.600	5.500	6.000	13.680	3.900	1.800	<b>128.600</b>
WE	1.184	50	45	596	0	0	<b>1.875</b>
Baugrubeninhalt [m <sup>3</sup> ]	188.800	4.900	0	5.800	4.100	0	<b>203.600</b>
Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	41.200	2.400	3.200	5.400	4.300	700	<b>57.200</b>
Raumwärme [MWh]	4.900	100	390	890	370	120	<b>6.700</b>
Baumaterialien [t]	163.400	8.800	420	9.400	19.600	400	<b>202.000</b>
<i>Errichtung der Gebäude:</i>							
Strom [MWh]	650	40	20	57	31	6	<b>810</b>
Diesel [GJ]	19.300	1.100	590	1.700	780	180	<b>23.300</b>
Baustellenabfall [t]	6.500	400	200	570	310	60	<b>8.000</b>
Bodenaushub [t]	288.200	7.700	0	9.100	6.400	0	<b>311.300</b>
Personentransport [Pkm]	741.600	43.200	8.600	23.800	11.500	2.200	<b>830.900</b>

Tabelle 12 Gesamtdarstellung der Gebäude des Referenzstadtteils Freiburg

	Häuser BA I bis III	Solar-siedlung	SUSI	Studentenwerk	Kindergarte n/ Schule/ Solargarage	Bürgerhaus	Gesamt
Gebäude	172	10	4	8	4	1	<b>199</b>
Einwohner	3.549	150	225	596	0	0	<b>4.520</b>
Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	97.600	5.500	6.000	13.700	3.900	1.800	<b>128.600</b>
WE	1.184	50	45	596	0	0	<b>1.875</b>
Baugrubeninhalt [m <sup>3</sup> ]	188.800	4.900	12.100	25.300	4.100	3.400	<b>238.500</b>
Grundfläche [m <sup>2</sup> ]	41.200	2.400	3.200	5.400	4.300	700	<b>57.200</b>
Raumwärme [MWh]	7.000	400	450	990	370	100	<b>9.300</b>
Baumaterialien [t]	201.700	11.900	14.800	32.300	19.600	4.300	<b>284.500</b>
<i>Errichtung der Gebäude:</i>							
Strom [MWh]	650	40	40	92	31	10	<b>870</b>
Diesel [GJ]	19.300	1.100	1.200	2.700	930	400	<b>25.600</b>
Baustellenabfall [t]	6.500	400	400	920	310	100	<b>8.600</b>
Bodenaushub [t]	288.200	7.700	18.900	42.400	6.400	5.300	<b>368.900</b>
Personentransport [Pkm]	741.600	43.200	17.300	34.600	11.500	4.300	<b>852.500</b>

Tabelle 13 Bauschuttmengen aus Abriss und Renovierung, Freiburg-Vauban

Herkunft	Bauschutt	t
Abriss Kaserne	Beton/Ziegel	133.000
	Abbruchholz	1.090
	Baumischabfall	5.860
	Eisenschrott	5.360
	Dachpappen	840
	<i>Summe</i>	<i>146.000</i>
	Strasse	Bauschutt
Studentenwerk	Bauschutt	3.030
SUSI	Bauschutt	40
<b>Gesamtmenge</b>		<b>154.000</b>

Tabelle 14 Baustoffmengen der Infrastruktur – Verkehr, Freiburg-Vauban

Baumaterial	t
Asphalt/-tragschicht	2.920
Schotter	23.750
Kies/-sand	10.120
Sand	4.910
Pflaster	4.100
Betonbordstein	3.700
<b>Summe</b>	<b>49.490</b>

Tabelle 15 Leitungen und Kanäle für Freiburg-Vauban

Herkunft	Material	Länge [m]
Bereich Abwasser		
Hausanschlüsse	Steinzeug	1200
Hauptkanal	Steinzeug/ Stahlbeton	5000
Graben	Kies/Sand	43.250 m <sup>3</sup>
Mulden-Rigolen-System	Polypropylen	1150
Straßenrinnen	Pflaster	2800
Bereich Trinkwasser	Duktiles Gusseisen/ HDPE (Polyethylen)	4250
	Sand/Kies (für Tiefbau)	5313 m <sup>3</sup>
Bereich Brauchwasser	HDPE (Polyethylen)	130
Bereich Fernwärme		5330
Medienrohr	Stahl ST 37	
Mantelrohr	HDPE (Polyethylen)	
Wärmedämmung	PUR-Schaum	
Bereich Strom		
Schwachstrom	Kupferkabel	4760
Starkstrom	Kupferkabel/ Aluminiumkabel	2950
Beleuchtung (Strasse)	Kupferkabel	6770
Erdband	Zinkstahl	5570

Tabelle 16 *Aufkommen an Siedlungsabfällen und Wertstoffen, Freiburg-Vauban*

Abfall-/Wertstofffraktion	kg/(E*a)
Restabfall (graue Tonne)	155
Sperrmüll	21
Bioabfall	29
Wertstoffe (gesamt)	150
Darunter: Papier, Pappe, Karton	97
Glas	36
Leichtverpackungen	17

Tabelle 17 *Ergebnisse des Basis-Szenarios Freiburg, Stadtteil Vauban*

<b>Modell Freiburg</b>	CO2-Äq t/a	SO2-Äq kg/a	KEA GJ/a	Ressource t/a	Reststoff t/a
Wärme	3.210	3.120	54.840	60	810
Strom	2.260	2.920	38.730	90	5.620
Waren	7.350	82.430	54.500	15.800	9.180
Gebäude	540	1.730	5.150	2.100	1.160
Infrastruktur	110	390	1.310	3.040	460
Verkehr	7.100	32.260	101.080	330	1.800
Abfall/Was.	280	230	1.850	210	340
<b>Summe</b>	<b>20.860</b>	<b>123.080</b>	<b>257.460</b>	<b>21.630</b>	<b>19.370</b>

## **A-6 Anhang zu Kapitel 4+6: Datenherkunft, -qualität und -übertragbarkeit**

### **A-6.1 Daten zur Stoffstromanalyse der Referenz- und Stadtteile**

#### *Gebäude*

Der Bebauungsplan des betrachteten Stadtteils stellt eine wichtige Grundlage für die Datengenerierung dar und ermöglicht die Erhebung einer Anzahl von Grunddaten der Stoffstromanalyse (Anzahl der Gebäude, Gebäudetyp, Geschossfläche und –zahl). Ergänzende Informationen hierzu können einerseits von der planenden Behörde der Stadt und zumindest für bereits bestehende Gebäude durch Vorortbegehungen erhalten werden.

Einen wesentlichen Bestandteil für die Bilanzierung der Gebäude stellen Primärdaten von Architekten und Bauherren zu den jeweiligen Gebäuden dar. Dabei wird größtenteils auf bereits vorliegende Unterlagen (Bilanzen zur Wärmeschutzverordnung und Bilanzierung der Kosten nach DIN 276 zurückgegriffen. Zusätzlich benötigte Informationen (z. B. Innenwandflächen und –aufbau) liegen im allgemeinen ebenfalls bereits vor. Somit handelt es sich hierbei um eine weitgehend standardisierte Vorgehensweise mit einem für eine Einzelgebäude vertretbaren Zeitaufwand.

Prinzipiell können nach dieser Methode alle bereits gebauten oder schon in Planung befindlichen Gebäude bilanziert werden. Je nach Anzahl an Gebäuden ist dies jedoch mit einem erheblichen Rechercheaufwand verbunden. Alternativ kann daher auf bereits bestehende Bilanzen von einzelnen, modellhaften Haustypen zurückgegriffen werden. Eine Anpassung der Gebäudegeometrien erfolgt dann über die Geschoss- bzw. Wohnfläche. Informationen zur Art der Baumaterialien lassen sich bei dieser alternativen Vorgehensweise durch Vorortbegehung oder wie im Fall von Freiburg-Vauban durch eine Fragenbogenaktion bei Bauherren/Architekten gewinnen. Sind diese Formen der Datenbeschaffung nicht möglich, so können auch ortsübliche Baumaterial-Mixe oder notfalls bundesdeutsche Mixe eingesetzt werden.

Die ortsunabhängigen Daten zu Elektro- und Wasserleitungen in den Gebäuden, Errichtung der Gebäude und dem Bodenaushub wurden aus der Literatur entnommen bzw. beruhen auf eigenen Berechnungen.

Die oben beschriebene Datengenerierung kann problemlos auf Stoffstromanalysen in anderen Städten angewandt werden. Je nach gewünschter Genauigkeit und Rechercheaufwand können Teilaspekte oder auch Kombinationen davon eingesetzt werden.

Eine wesentliche Datengrundlage für weitere Anwendungen stellen die im Rahmen dieser Stoffstromanalysen bilanzierten Gebäudetypen und die fundierte Datenbasis aus (ÖKO 1998a+b) dar.

Die Gebäudetypen wurden in einem eigens entwickelten Rechenmodell in EXCEL bilanziert. Dieses Tool besteht aus einem Eingabemodul für Flächen und Baumaterialien entsprechend der Methodik der Bauelemente aus (ÖKO 1998a+b). In einem weiteren Modul erfolgt dann die eigentliche Bilanzierung der Baumaterialmengen und die Bereitstellung der Daten zur weiteren Bilanzierung in GEMIS. Mit dem Rechenmodell und GEMIS stehen die Grundvoraussetzungen für weitere Stoffstromanalysen zur Verfügung.

#### *Infrastruktur - Verkehr*

Die Straßen-, Geh- und Radwegelängen sowie die Flächen von öffentlichen Plätzen können direkt aus dem Bebauungsplan abgemessen werden. Die Querschnitte und Aufbauten der Straßen, Wege und Plätze können bei der zuständigen städtischen Behörde erfragt werden. Zur Eingabe und Bilanzierung der Baumaterialien wurde analog der Gebäudebilanzierung ein Rechenmodell in Excel entwickelt.

Mit dem Rechenmodell und einem Grunddatensatz an Straßen- und Wegaufbauten steht ein Tool für die Anwendungen in anderen Städten zur Verfügung

#### *Infrastruktur – Ver- und Entsorgungsleitungen*

Genauere Angaben zu Art und Länge der Leitungen im Bereich der Abwasser- und Frischwasserversorgung, der Fernwärme und des Stroms können zu bereits durchgeführten oder geplanten Maßnahmen bei der bauausführenden Behörde oder Institution erhoben werden. Der Materialaufbau der jeweiligen Leitungen, d. h. der genaue Materialbedarf pro m Leitungslänge, wurde auf der Grundlage der Angaben zur Art der in Freiburg-Vauban verlegten Leitungen mit Hilfe von Literaturdaten berechnet.

Damit steht für die Stoffstromanalyse ein Grundset von verschiedenen Leitungen zur Verfügung auf deren Grundlage - bei Kenntnis der Leitungslängen - entsprechenden Fragestellungen in anderen Städten bearbeitet werden können. Die Leitungslängen lassen sich in grober Näherung auch über die Straßenlängen unter Einbeziehung der Hausanschlüsse abschätzen.

#### *Energie*

Die Datenerhebung zur Raumwärme ist eng mit der Vorgehensweise bei der Gebäudebilanzierung verknüpft. Sowohl die Wohnfläche als auch die Energiekennzahl (resultiert aus den Bilanzen zur Wärmeschutzverordnung) sind Bestandteil der Primärdatenerhebung bei Architekten. Maximalwerte für den Raumwärmebedarf können aus der Wärmeschutzverordnung oder auch aus speziellen Vorgaben der Kommune (Mindeststandard in Freiburg 55 kWh/(E\*a) abgeleitet werden. Zusätzliche Informationen wurden in Freiburg-Vauban aus einer Umfrage (vgl. Abschnitt „Gebäude“) erhalten.

Für Referenzhäuser kann bei bereits errichteten Häusern auf die Angaben zum durchschnittlichen bundesdeutschen Energiestandard aus (ÖKO 1998a+b) zurückgegriffen werden. Bei zukünftigen Neubauten ist jedoch mit einer Verbesserung des Energiestandards zu rechnen. Entsprechend wurde für die zukünftigen Referenzhäuser auf der Grundlage einer eigenen Schätzung eine niedrigere Energiekennzahl angenommen. Eine genauere Untersuchung zum zukünftigen durchschnittlichen Energiestandard soll in BASiS II (ÖKO 2000b) durchgeführt werden.

Angaben zum spezifischen Strombedarf pro Haushalt wurden aus der Literatur entnommen (ÖKO 2000a) und geben den durchschnittlichen bundesdeutschen Strombedarf wieder. Diese Daten sind nach den verschiedenen Verbrauchergruppen (Kühlschrank, Herd, etc.) untergliedert und ermöglichen dadurch weitere Detailanalysen. Verbrauchsdaten können auch bei den örtlichen Energieversorgungsunternehmen – allerdings nicht in der oben beschriebenen Detailschärfe – erfragt werden.

Analog dem spezifischen Strombedarf wurde auch beim Warmwasserbedarf pro Bewohner auf bundesdeutsche Durchschnittswerte aus der Literatur (Stärz 1999) zurückgegriffen. Örtliche Verbrauchswerte für Warmwasser stehen im allgemeinen nicht zur Verfügung und können auch durch Befragungen nur schwer ermittelt werden.

Informationen über Photovoltaik- und thermische Solaranlagen können nur aus Befragungen von örtlichen Akteuren gewonnen werden. Entsprechende Angaben zu Freiburg-Vauban wurden von Bauherren und Architekten (Disch 2000) und aus einer Dokumentation über den Stadtteil (Sperling 1999) gewonnen.

Angaben zur Art der Stromerzeugung (Kraftwerkspark) und der Fernwärmeerzeugung lassen sich bei den örtlichen Energieversorgungsunternehmen (SWN 2000, FEW 1999) ermitteln. Die aus den jeweiligen Energieanlagen resultierenden Umweltauswirkungen werden mit Hilfe von GEMIS bilanziert.

### *Verkehr*

Informationen zum Anteil der verschiedenen Personenverkehrsmittel an den zurückgelegten Wege (Modal Split) standen aus Verkehrsuntersuchungen für die Bewohner der betrachteten Städte zur Verfügung (VEP 1994; Öko 1995). Informationen zu den durchschnittlichen Wegelängen, die von den Bewohnern der Städte mit den Verkehrsmitteln zurückgelegt werden, lagen hingegen nicht vor. Hierzu wurden aus der Literatur durchschnittliche Werte entnommen (DIW 1999; DIW 1998; MSWV 1995; Enquete 1994).

Die so ermittelte Verkehrsnachfrage für einen durchschnittlichen Stadtbewohner wurde – soweit möglich – an die stadtteilspezifischen Besonderheiten angepasst. Dies betraf insbesondere Freiburg-Vauban. Durch die Arbeiten des Forum Vauban lagen für diesen Stadtteil eine Vielzahl von Informationen vor, die qualitativ und z.T. quantitativ (z. B. Anzahl der autofreien Haushalte) das Mobilitätsverhalten der Stadtteilbewohner charakterisieren (Nobis 1998; VAW 1999; VAG 1999; LIFE-Bericht 2000).

Fahrzeugstruktur-bedingte Auswirkungen (Abgaskonzepte, Hubraumklassen) auf die Fahrzeugemissionen konnten auf Kreisebene berücksichtigt werden. Für den Pkw-Verkehr wurde hierzu auf Bestandsdaten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA 1999) und für den Öffentlichen Personennachverkehr auf Informationen der Verkehrsbetriebe zurückgegriffen (ORP 1999; VAG 1999). Die fahrzeugspezifischen Emissionsdaten waren über GEMIS verfügbar.

Zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage der Stadtteile und die Verknüpfung der Nachfrageseite mit emissionsrelevanten Informationen wurde in EXCEL ein Rechenmodell entwickelt, das für die Umweltanalyse mit GEMIS die Daten zur Verfügung stellt. Das Modell ist auf andere Städte und Stadtteile übertragbar, muss aber an die spezifischen Gegebenheiten (Modal Split, Stadtteilspezifische Daten, Fahrzeugstruktur usw.) angepasst werden. Die Bestimmung der Verkehrsnachfrage ist mit dem Modell nur grob möglich und muss bei Detailuntersuchungen durch Verkehrsuntersuchungen erfolgen.

Informationen zur durchschnittlichen Nachfrage nach Güterverkehrsleistungen pro Einwohner wurden der Literatur entnommen (DIW 1999). Emissionsdaten für die verschiedenen Güterverkehrsmittel (Lkw, Bahn, Binnenschiff) standen durch GEMIS zur Verfügung. Die Bilanzierung der Umweltwirkungen des Güterverkehrs stellt eine stark vereinfachende Vorgehensweise dar und ist nur bedingt auf andere Stadtteile übertragbar. Insbesondere die Berücksichtigung von Gütertransporten bei bestimmten GEMIS-Prozessen (Energie- und Materialprozesse) macht eine Korrektur der aus der Literatur ermittelten Güterverkehrsnachfrage notwendig, um Doppelzählungen zu vermeiden. Da der Korrekturposten von der konkreten Nachfrage des Stadtteiles abhängt, kann die Höhe der Korrektur erst nach Abschluss der gesamten stoffstromanalytischen Bilanzierung des Stadtteiles bestimmt werden. Diese Vorgehensweise erschwert die Übertragbarkeit der Methode erheblich.

### *Wasser*

Der durchschnittliche Frischwasserverbrauch und die anfallende Abwassermenge pro Bewohner können auf der Ebene der Stadt beim zuständigen Wasserwerk bzw. Klärwerk erfragt werden. Der erforderliche Energie- und Materialbedarf für die Frischwasserförderung und das Abpumpen des Abwassers wurde auf der Basis der Angaben des örtlichen Wasserwerkes bzw. Abwasserentsorgers berechnet und lässt sich näherungsweise auf andere Städte übertragen.

Die mit der Abwasserreinigung verbundenen Umweltauswirkungen wurde mit Hilfe von Primärdaten der Freiburger Klärwerkes (Breisgauer Bucht) berechnet und in GEMIS modelliert.

### *Abfall*

Informationen über das kommunale Abfallkonzept und die pro Einwohner (auf der Ebene der Stadt) anfallenden Abfallmengen stehen bei den zuständigen Abfallbehörden zur Verfügung. Angaben zu den Umweltauswirkungen bei der Abfallentsorgung können die entsprechenden Anlagenbetreiber machen.

Auf der Grundlage spezifischer Daten aus Freiburg und Neuruppin wurde die Abfallentsorgung auf einer Deponie in GEMIS modelliert. Dieser Entsorgungsprozess kann näherungsweise auch auf andere Städte übertragen werden.

### *Wohnen*

Angaben zum jährlichen Warenkonsum lagen als bundesdeutsche Durchschnittswerte für die betrachteten Bereiche (Lebensmittel, Haushaltsgeräte, Möbel, Kleidung, Papier) aus verschiedenen Statistiken vor.

Für Lebensmittel und Haushaltsgeräte stellte insbesondere die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe detaillierte Angaben hierzu zur Verfügung (EVS 1993 und 1998), die mit Hilfe weiterer Statistiken (z.B. Pro-Kopf-Lebensmittelverbrauch aller Konsumbereiche in Deutschland) aktualisiert (BMELF 1999) bzw. um weitere Angaben - z.B. Lebensdauern der Haushaltsgeräte - ergänzt wurden (UBA 1996; UBA 1997; ÖKO 2000).

Der durchschnittliche private Möbelbedarf wurde mit Hilfe von Produktionszahlen abgeleitet (HDH/VDM 2000; StBA 1999). Für Papier- und Kleidungs-Konsum wurde auf verfügbare Angaben zum Pro-Kopf-Verbrauch in Deutschland zurückgegriffen (COGNIS 1994).

Haushaltsgeräte und Möbel stellen Waren dar, für deren Produktion eine Vielzahl verschiedener Materialien eingesetzt werden. Daher waren für diese beiden Bereiche des Warenkorbes weiterer Recherchen notwendig. Zur Ermittlung des Energie- und Materialbedarfs zur Herstellung von Haushaltsgeräten wurden daher verschiedene Ökobilanzen und Unternehmens-Umweltberichte ausgewertet (ÖKO 1999: GreenTV, BSH 1999, AEG 1999, Grundig 1999). Bei Möbeln wurde auf Daten einer Grobanalyse zu den eingesetzten Materialien eines großen Einrichtungshauses für wichtige Möbelstücke (Tisch, Stuhl, Schränke usw.) zurückgegriffen (ÖKO 2000).

Für jeden Bereich des Warenkorbes sind die Daten in ein EXCEL-Rechenmodell eingeflossen, dass über die Anzahl der Haushalte und Einwohner der Stadtteile die konsumierten Material- und Energiemengen berechnet und mit den entsprechenden GEMIS-Prozessen verbindet. Das Rechenmodell als auch der Grunddatensatz zu den durchschnittlich konsumierten Mengen kann auch auf andere Städte und Stadtteile übertragen werden.

Tabelle 18 Datenbedarf, Datenqualität und Übertragbarkeit der Stoffstromanalyse

<i>Datenbedarf</i>	<i>Quelle / Datengense</i>	<i>Übertragbarkeit</i>
<b>Gebäude</b>		
Grunddaten (Bewohner, Anzahl Gebäude, Geschossfläche, etc.)	Bebauungsplan, Stadtplanungsamt, Vorortbegehung	Methode übertragbar
Einzelbilanz Gebäude	Architektenbefragung (WSV, DIN 276)	Methode übertragbar
Modellhafte Haustypen	(ÖKO 1998a+b), Datenbasis des Projektes	Daten vorhanden
Spez. Baumaterial-Mix	Vorortbegehung, Fragebogenaktion	Methode übertragbar
Bundesdeutscher Material-Mix	(ÖKO 1998a+b)	Daten vorhanden
Errichtung Gebäude	Allg. Literaturdaten, eigene Berechnung	Daten vorhanden
Bilanzierungsmodell	Excel-Tool des Projektes, GEMIS	Steht zur Verfügung
<b>Infrastruktur - Verkehr</b>		
Straßen-/Wegelängen	Bebauungsplan	Methode übertragbar
Straßen-/Wegeaufbau	Befragung ausführende Institution	Methode übertragbar
Grunddaten Straßen-/Wegeaufbau	Datenbasis des Projektes	Daten vorhanden
Bilanzierungsmodell	Excel-Tool des Projektes, GEMIS	Steht zur Verfügung
<b>Infrastruktur – Ver- und Entsorgung</b>		
Genauere Leitungslängen	Befragung ausführende Institution	Methode übertragbar
Abschätzung Leitungslängen	Bebauungsplan	Methode übertragbar
Leitungstypen	Befragung ausführende Institution	Methode übertragbar
Grunddaten Leitungsaufbau	Datenbasis des Projektes	Daten vorhanden
Bilanzierungsmodell	Excel-Tool des Projektes, GEMIS	Steht zur Verfügung
<b>Energie</b>		
Genauere Energiekennzahl Modell	Architektenbefragung (WSV), Fragebogenaktion	Methode übertragbar
Abschätzung Energiekennzahl Modell	Maximalwert aus WSV	Daten übertragbar
Energiekennzahl Referenz	(ÖKO 1998a+b)	Daten vorhanden / Aktualisierung notwendig
Strombedarf per HH	Literaturdaten Bundesdurchschnitt	Daten übertragbar
Warmwasserbedarf	Literaturdaten Bundesdurchschnitt	Daten übertragbar
Strom-/Fernwärmeerzeugung	Befragung örtlicher Energieversorgungsunternehmen / GEMIS	Methode übertragbar / Tool steht zur Verfügung
<b>Verkehr</b>		
Anzahl der Wege pro Person (nach Verkehrsmitteln)	Verkehrsuntersuchungen der Städte und Stadtteile, ergänzt um Literaturdaten Bundesdurchschnitt	Daten vorhanden / Anpassung notwendig / Methode übertragbar
Länge der Wege (nach Verkehrsmitteln)	Literaturdaten Bundesdurchschnitt	Daten übertragbar / Anpassung notwendig
Güterverkehrsnachfrage	Literaturdaten Bundesdurchschnitt, bereinigt um bereits in GEMIS berücksichtigte Transporte	Methode bedingt übertragbar
Emissionen der Verkehrsmittel	Statistik des Kraftfahrtbundesamtes / Angaben der ÖPNV-Unternehmen / GEMIS	Methode und Daten (GEMIS) übertragbar

<b>Wasser</b>		
Frisch-/Abwassermengen	Befragung Wasserwerk, Klärwerk	Methode übertragbar
Material-/Energiebedarf	Befragung Wasserwerk, Klärwerk	Daten übertragbar
Abwasserreinigung	Befragung Klärwerk, eigene Berechnung (GEMIS)	Methode und Daten übertragbar (GEMIS)
<b>Abfall</b>		
Abfallmengen	Befragung Abfallbehörde	Methode übertragbar
Deponierung	Befragung Deponie, eigene Berechnung (GEMIS)	Methode und Daten übertragbar (GEMIS)
<b>Wohnen</b>		
Nachfrage nach Lebensmitteln und Haushaltsgeräten	Literaturdaten Bundesdurchschnitt (u.a. EVS)	Daten vorhanden, Aktualisierung notwendig / Methode übertragbar
Bekleidung, Papier	Literaturdaten Bundesdurchschnitt	Daten vorhanden
Nachfrage nach Möbel	Literaturdaten Bundesdurchschnitt, Recherchen Möbelhersteller	Daten vorhanden, Methode übertragbar

Quelle: Öko-Institut

## A-6.2 Daten zu den regionalen Stoffstromanalysen

### *Kalksandstein*

Eine wesentliche Datengrundlage für die vertiefende Betrachtung der Kalksandsteinherstellung stellt die bereits in GEMIS modellierte Kalksandstein-Prozesskette dar. Darauf aufbauend wurden die für die Regionalisierung relevanten Prozessketten Sand, Kalk und Steinmehl identifiziert.

Zur Analyse der regionalen Angebotsstruktur wurden Recherchen beim Kalksandsteinverband und dem Verband der Kalkhersteller durchgeführt.

Um die Hersteller des lokal verwendeten Kalksandsteins zu identifizieren, wurden Baustoffhändler der Region Freiburg befragt.

Die Hersteller und Lieferanten der Rohmaterialien für die Kalksandsteinproduktion wurden über das in der Region Freiburg ansässige Kalksandsteinwerk identifiziert.

Die Transportentfernungen zwischen den einzelnen Produktionsstätten sowie dem Endverbraucher (Freiburg-Vauban) wurde mittels Straßenkarten abgemessen. Für die Transporte der bundesdurchschnittlichen Kalksandsteinherstellung wurden Annahmen auf der Basis der Regionalkette getroffen.

Sowohl die regionale Prozesskette als auch die bundesdeutsche Durchschnittskette wurde in GEMIS eingegeben und steht somit für weitere „vor-Ort“-Betrachtungen zur Verfügung.

### *Holzfenster*

Analog der Vorgehensweise bei Kalksandstein wurde die Grundlagen für die Prozesskette der Holzfensterherstellung aus GEMIS entnommen.

Informationen über die regionale Angebotsstruktur wurde über die Vereinigung Deutscher Sägewerksverbände befinden (Sägewerksverbände 2000) und dem Gesamtverband Holzhandel (Holz 2000) erhalten.

Die bundesdurchschnittlichen Anteile der verschiedenen Rahmenmaterialien für Holzfenster wurden beim Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (Fensterverband 2000) erfragt.

Die Importstruktur der ausländischen Hölzer, die als Rahmenmaterialien für die bundesdurchschnittlichen Fenster verwendet werden, wurde aus den Daten der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP Holz 1999) ermittelt.

Die Transportentfernungen zwischen den einzelnen Prozessschritten wurden auf der Grundlage von (Wenzel 1999) und (Wegener 1994) generiert. Fehlende Daten wurden abgeschätzt.

Die regionale und die bundesdurchschnittliche Prozesskette stehen auf der Basis von GEMIS für weitere Anwendungen zur Verfügung.

### *Käse*

In GEMIS lagen die Prozessketten zum Einen für die konventionelle, zum Anderen für die ökologische Käseerzeugung in Deutschland bereits vor. Auf dieser Grundlage wurden Prozessketten für die ausländische und die rein regionale Käseerzeugung ergänzt. Mittels verschiedener Statistiken wurde der Selbstversorgungsgrad sowie die Importstruktur von Milch und Käse recherchiert (BMELF 1999, ZMP-Milch 1999).

Diese dienten zur Ermittlung der Transportentfernungen (Wenzel 1999). Zur regionalen Milch- und Käseerzeugung um Freiburg lagen kaum Daten vor (StaLa Ba-Wü 2000, Milchindustrieverband 2000). Die Transportentfernungen wurden daher auf Basis der Vorgabe „Region“ und unter Berücksichtigung der durchschnittlichen bundesdeutschen Transportentfernungen (DIW 1999) abgeschätzt.

Die in GEMIS vorliegenden regionalen und bundesdurchschnittlichen Prozessketten können nach Anpassung auf andere Regionen übertragen werden.

### *Brot*

Wie beim Käse liegen in GEMIS auch für Brot Prozessketten für alle Schritte der Erzeugung vor. GEMIS differenziert dabei nach konventionell und ökologisch erzeugtem Getreide sowie nach Handwerksbetrieben und Großbäckereien. Die GEMIS-Ketten wurden um Import-Prozessketten und Transportprozesse erweitert.

Die Importmengen von Getreide und Mehl und deren Herkunftsländer wurden bei verschiedenen Verbänden und Instituten recherchiert (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung). Zusätzlich wurden Statistiken ausgewertet (BMELF 1999 und 2000). Die Transportentfernungen für Getreide – nur diese erwiesen sich mengenmäßig als relevant – wurden auf Basis der Importstruktur bestimmt (Wenzel 1999).

Zur Ermittlung der strukturellen Anteile im Bäckereigewerbe (Handwerk/Industrie) und in der Getreideerzeugung (konventionell/ökologisch) wurde neben der Auswertung von Literatur (z. B. Hamm/Michelsen 2000) beim Verband der deutschen Mühlen und bei der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau nachgefragt.

Zur Frage nach der Kapazität der regionalen Mühlen sowie dem regionalen Getreideangebot wurden Statistiken zur Struktur der Mühlenwirtschaft sowie der Landwirtschaft ausgewertet (BMELF 2000, StaLa Ba-Wü 2000) und durch Recherchen ergänzt (Baden-Württembergischer Mühlenverband).

Die Standorte der Mühlen in der Region Freiburg wurden aus dem Mitgliederverzeichnis des Verbandes der Deutschen Mühlenwirtschaft ermittelt. Deren Entfernung zu den Bäckereien wurden mit Hilfe eines PC-Routen-Programmes bestimmt.

Die regional-ökologische sowie die bundesdurchschnittliche Prozesskette zur Brotherstellung können auch für andere Regionalbetrachtungen verwendet werden, müssen dann aber an die jeweiligen regionalen Gegebenheiten angepasst werden.

Tabelle 19 Übersicht Datenbedarf, Qualität und Übertragbarkeit der Regionalisierung

<i>Datenbedarf</i>	<i>Quelle / Datengense</i>	<i>Übertragbarkeit</i>
<b>Kalksandstein</b>		
Grunddaten zur Kalksandsteinproduktion (Prozessketten)	GEMIS	Methode und Daten übertragbar
Angebotsstruktur (Kalksandsteinwerke)	Befragung Kalksandsteinverband, Baustoffhändler, Internet	Methode übertragbar
Rohstoffhersteller	Befragung Kalksandsteinwerk	Methode übertragbar
Transportentfernungen	Straßenkarte	Methode übertragbar
<b>Holzfenster</b>		
Grunddaten zur Fensterherstellung (Prozessketten)	GEMIS	Methode und Daten übertragbar
Angebotsstruktur (Sägewerke, Fensterhersteller)	Befragung Verbände, Internet	Methode übertragbar
Holzanteile für Fensterrahmen	Befragung Fensterverband	Methode und Daten übertragbar
Importstruktur für Holz	ZMP	Methode und Daten übertragbar
Transportentfernungen	Literatur, Statistiken	Methode und z.T. Daten übertragbar
<b>Käse</b>		
Grunddaten zur Fensterherstellung (Prozessketten)	GEMIS	Methode und Daten übertragbar
Regionale Angebotsstruktur (Molkerei, Käseerei)	Befragung Milchindustrieverband, Statistiken	Vorgehensweise prinzipiell übertragbar
Selbstversorgungsgrad und Importstruktur	Statistiken ZMP-Milch und BMELF	Methode und Daten übertragbar
Anteil Öko-Käse	Literatur	Daten vorhanden
Transportentfernungen	Literatur, Statistiken	Methode und z.T. Daten übertragbar
<b>Brot</b>		
Grunddaten zur Fensterherstellung (Prozessketten)	GEMIS	Methode und Daten übertragbar
Regionale Angebotsstruktur (Getreide, Mühlen)	Befragung Baden-Württembergischer Mühlenverband, Verband deutscher Mühlen, Statistiken	Vorgehensweise übertragbar
Bäckereistruktur	Verband der deutschen Mühlen	Methode und Daten übertragbar
Selbstversorgungsgrad und	Statistiken BMELF	Methode und Daten übertragbar

Importstruktur		bar
Anteil von Bio-Brot	Recherche AGÖL, Literatur	Daten vorhanden
Transportentfernungen	Literatur, Statistiken, PC-Routenprogramm	Methode und z.T. Daten übertragbar

Quelle: Öko-Institut

### A-6.3 Datenqualität der Stoffstromanalysen

Um die Zuverlässigkeit der Datengenerierung und die Genauigkeit der Stoffstromanalysen sowie die Übertragbarkeit auf andere Stadtteile mit vergleichbaren Fragestellungen beurteilen zu können, wird im folgenden die Datenqualität der einzelnen Teilbereiche der Stoffstromanalyse beschrieben.

#### *Bilanzierung der Referenz- und Stadtteile*

##### *Gebäude*

Die Bilanzierung von Einzelgebäuden auf der Grundlage von primären Architektendaten (WSV, DIN 276, etc.) findet mit einer sehr detaillierten Datenbasis und entsprechend hoher Genauigkeit statt. Stehen für Häuser einige grundlegende Informationen wie Haustyp, Wohnfläche, Wand-/Deckenaufbauten aus z. B. einer Fragebogenaktion zur Verfügung, so können diese Häuser auf der Basis bestehender Modelltypen mit ausreichender Genauigkeit bilanziert werden. Eine gewisse Ungenauigkeit liegt in der Zuordnung der nachgefragten Baumaterialien zu GEMIS-Prozessen auf der Angebotsseite, da GEMIS zwar über eine große, nicht aber vollständige Datenbasis an Baumaterialien verfügt.

Dem Bebauungsplan können keine realitätsgetreuen Angaben zu den zukünftigen Gebäuden entnommen werden. Vielmehr handelt es sich hier um Vorgaben, die eingehalten werden müssen, wie z. B. die maximale Gebäudehöhe. Die Ermittlung der Gebäudegeometrien auf der Basis des Bebauungsplans kann folglich nur grobe Anhaltspunkte für die zukünftige Bebauung des Stadtteils liefern. Mit entsprechenden Abweichungen von der späteren Realität muss auch bei der Verwendung des bundesdeutschen Baumaterial-Mixes gerechnet werden. Daher ist diese Vorgehensweise für einen Szenarioansatz („was wäre wenn?“) und eine grobe Abschätzung geeignet.

Bei den Daten zu Elektro- und Wasserleitungen in den Gebäuden und der Errichtung der Gebäude handelt es sich nur um einfache Schätzungen, die auf einem Einzelfall aus der Literatur und eigenen Berechnungen beruhen. Berücksichtigt man jedoch die Bedeutung dieses Teilbereichs im Rahmen der gesamten Stoffstromanalyse, so erreicht die Bilanzierung eine ausreichende Genauigkeit.

##### *Infrastruktur - Verkehr*

Die Straßen-, Geh- und Radwegelängen sowie die Flächen von öffentlichen Plätzen können mit einer großen Genauigkeit aus dem Bebauungsplan abgemessen werden. Basiert die Bilanzierung auf den örtlichen Straßenaufbauten, so wird insgesamt eine sehr gute Abbildung der realen Stoffströme erreicht.

Bei der Verwendung der hier erarbeiteten Datenbasis an Straßenaufbauten für andere Städte und Fragestellungen kann noch immer eine ausreichende Genauigkeit erzielt werden, da sich Straßen zumindest im Vergleich mit der Vielfalt an Baumaterialien bei Gebäuden nur relativ wenig unterscheiden.

#### *Infrastruktur – Ver- und Entsorgungsleitungen*

Stehen genaue Angaben zu Art und Länge der Leitungen im Bereich der Abwasser- und Frischwasserversorgung, der Fernwärme und des Stroms zur Verfügung, kann auf der Basis der Literaturdaten zum Leitungsaufbau die Stoffstrombilanz mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden.

Die Bilanzierung der Materialien über die Straßenlänge stellt noch immer eine gute Schätzung dar.

#### *Energie*

Bei den Angaben zu den Energiekennzahlen und der Wohnfläche von Einzelhäusern aus der Bilanzierung zur Wärmeschutzverordnung und aus Befragungen von Bauherren und Architekten handelt es sich um zuverlässige Primärdaten.

Erfolgt die Bilanzierung des Raumwärmebedarfs bei zukünftigen Bauvorhaben allgemein auf der Grundlage des gemäß der Wärmeschutzverordnung einzuhaltenden Energiestandards oder wie in Freiburg auf der Vorgabe eines Mindeststandards, so kann nur eine Obergrenze für den Wärmebedarf bestimmt werden. Eine weitere Ungenauigkeit liegt dieser Methode insofern zugrunde, da die Ermittlung der Energiekennzahl der verschiedenen Haustypen auf einer einfachen Schätzung des Verhältnisses von Außenwandfläche und Volumen basiert.

Gebäude, deren Wärmebedarf auf der Basis des Bebauungsplanes bilanziert wird liegt, dieselbe Problematik zugrunde, die bereits weiter oben bei der Gebäudebilanzierung beschrieben wurde. Die Wohnfläche, die aus dem Bebauungsplan nur aus einer Abschätzung durch Vergleichswerte über die Geschossflächen ermittelt werden kann, gibt nur einen groben Anhaltspunkt für die realen Verhältnisse.

Die Angaben zum Stromverbrauch und Warmwasserverbrauch stammen aus einer detaillierten Untersuchung aus der Literatur. Ungenauigkeiten beim Strombedarf können sich dadurch ergeben, dass die spezifischen Haushaltstrukturen (Unterschiede der Geräteausstattung im Vergleich zum Bundesdurchschnitt) der Modellstädte nicht ausreichend berücksichtigt werden können.

Die Zuverlässigkeit der Bilanzen zur Energiebereitstellung hängt davon ab, wie detailliert der Strom-Mix und die Heizungsstrukturen recherchiert werden können. Stehen - anders als in Neuruppin und Freiburg - keine Angaben zu verwendeten Energieträgern und Energieanlagen zur Verfügung, können nur Annahmen auf Szenario-Basis getroffen werden.

### *Verkehr*

Die stadtteilspezifische Verkehrsnachfrage kann umfassend und zuverlässig nur durch Verkehrserhebungen bestimmt werden. Die Bestimmung der durchschnittlichen Verkehrsnachfrage pro Stadtbewohner, basierend auf Verkehrsuntersuchungen, und die anschließende Anpassung der Daten an die spezifischen Gegebenheiten der Stadtteile (z.B. autofreie Haushalte) ist eine vereinfachende Vorgehensweise. Zwar handelt es sich bei den verwendeten Basisdaten um abgesicherte Werte aus Studien vor Ort oder aus der Literatur, besondere Verkehrsstrukturen in den Stadtteilen (z.B. Lage von Versorgungsinfrastruktur, Verkehrsanbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln etc.) und soziodemographische Besonderheiten der Stadtteile (Haushaltsgröße usw.), die zu einer abweichenden Verkehrsnachfrage führen können, fließen nur begrenzt in die Bestimmung ein. Die Bestimmung der Güterverkehrsnachfrage stellt im Vergleich zum Vorgehen beim Personenverkehr nur eine grobe Näherung dar. Sie berücksichtigt keine regionalen Strukturen und basiert auf bundesdurchschnittlichen Daten, die jedoch nicht nur den durch private Nachfrage erzeugten Güterverkehr beschreiben und die Transporte im Ausland nicht einbeziehen.

Die neben der Verkehrsnachfrage zur Berechnung der Umweltbelastungen notwendigen Daten zur Fahrzeugstruktur (erhoben nach Hubraum, Abgaskonzept etc.) liegen in ausreichend abgesicherter Weise auf Kreisebene vor und sind in erster Näherung auch für die Betrachtung einzelner Stadtteile geeignet. Die Emissionsfaktoren, die der Analyse zugrunde liegen, sind sowohl für den Personen- als auch den Güterverkehr wissenschaftlich fundiert.

### *Wasser*

Bei den Angaben zur Frisch- / Abwassermenge handelt es sich um Primärdaten auf der Ebene der Stadt. Die Angaben zum erforderliche Energie- und Materialbedarf für die Frischwasserförderung und das Abpumpen des Abwassers stellen nur einen groben Anhaltspunkt dar. Die Umweltauswirkungen des Klärwerks auf Basis der Primärdaten ergeben sich aus einer einfachen Modellierung des Reinigungsprozesses.

Unter Berücksichtigung der relativ geringen Bedeutung des Teilbereichs „Wasser“ bei der gesamten Stoffstromanalyse liegen die hier durchgeführten Abschätzungen in ausreichender Genauigkeit vor.

### *Abfall*

Bei den Angaben zum Abfallaufkommen pro Einwohner handelt es sich um Primärdaten, die den örtlichen Durchschnitt repräsentieren. Die Bilanzierung der Entsorgungsanlagen (Deponien) stellt nur eine einfache Grobbilanz dar, die aber ausreichend ist um den Anteil der Umweltauswirkungen dieses Teilbereiches am gesamten Stadtteil abzuschätzen.

### *Wohnen*

Alle Konsumdaten des Warenkorbes (Lebensmittel, Haushaltsgeräte, Kleidung, Papier, Möbel) beziehen sich auf den Bundesdurchschnitt und sind für einzelne Stadtteile demnach nur eingeschränkt repräsentativ. Die Wiederbeschaffung von Haushaltsgeräten und Möbeln aus Zweiter Hand spiegelt sich in den Daten beispielsweise nicht wider.

Zum bundesdurchschnittlichen Lebensmittelkonsum privater Haushalte liegen mit den Ergebnissen der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (EVS) für Stichjahre statistische Erhebungen vor, so dass die Datenqualität als gut bewertet werden kann. Auch für den Ausstattungsbestand von Haushaltsgeräten liefert die EVS Daten. Im Gegensatz dazu ist die Datenqualität für die Lebensdauer von Haushaltsgeräten, die ebenfalls in die Berechnung der jährlichen Neubeschaffungsrate eingeht, geringer. Die Materialzusammensetzung lagen für ausgewählte Haushaltsgeräte detailliert und in guter Datenqualität vor. Diese Daten wurden z.T. vereinfachend auf andere, ähnliche Geräte übertragen.

Der Konsum an Bekleidung und Papiererzeugnissen beruht auf statistischen Daten, die allerdings für Bekleidung wenig aktuell und für Papiererzeugnisse nicht für den privaten Konsum spezifiziert sind.

Die zugrundegelegten Angaben zur jährliche Neuanschaffung von Möbeln durch Haushalte beruhen auf Produktionszahlen der Möbelindustrie. Sie lassen damit jedoch die Möbelherstellung durch handwerkliche Schreinereibetriebe außer acht und fallen damit tendenziell zu niedrig aus. Die Materialzusammensetzung der Möbel ist vereinfacht abgeschätzt unter Verwendung von exemplarischen Angaben eines großen Möbelherstellers.

Tabelle 20 Übersicht zu Bilanzdaten und Datenqualität

<i>Daten / Bilanz</i>	<i>Datenqualität</i>
<b>Gebäude</b>	
Einzelbilanz Gebäude	Hohe Genauigkeit auf Grundlage von Primärdaten
Datengrundlage Bebauungsplan	Annahmen und abgeleitete Daten
Bilanz mit Datengrundlage Bebauungsplan	Grobe Näherung
Spez. Baumaterial-Mix Stadtteil	Einfache Schätzung
Bundesdeutscher Material-Mix	Gesicherte Literaturdaten
Errichtung Gebäude	Abgeleitete Daten (grobe Näherung)
<b>Infrastruktur – Verkehr</b>	
Straßen-/Wegelängen	Gesicherte, abgeleitete Daten
Spez. Daten zum Straßen-/Wegeaufbau	Primärdaten
<b>Infrastruktur – Ver- und Entsorgung</b>	
Leitungslängen und –typen im Stadtteil	Primärdaten
Leitungslängen über Straßenlänge ermittelt	Abgeleitete Daten (einfache Näherung)
Grunddaten Leitungsaufbau	Aus Literaturdaten abgeleitet
<b>Energie</b>	
Energiekennzahl aus Befragung	Gesicherte Primärdaten
Energiekennzahl über WSV	Abgeleitete Daten (einfache Näherung)
Raumwärme über Wohnfläche (aus Bebauungsplan)	Einfache Schätzung
Strom- und Warmwasserbedarf	Gesicherte Literaturdaten
Energieträger und -anlagen	Primärdaten
<b>Verkehr</b>	
Personenverkehr der Einwohner	Abgeleitete Daten (einfache Näherung)
Güterverkehr	Grobe Näherung
Emissionen der Verkehrsmittel	Abgeleitete Daten, basierend auf gesicherten Literaturdaten
<b>Wasser</b>	
Frisch- / Abwassermengen	Statistische Daten
Energie- und Materialbedarf	Einfache Schätzung aus abgeleiteten Daten
Abwasserreinigung	Bilanzierung über Primärdaten
<b>Abfall</b>	
Abfallmengen	Statistische Daten
Deponierung	Einfache Schätzung über Primärdaten
<b>Wohnen</b>	
alle Bereiche	bundesdurchschnittliche Daten und daher nur begrenzt repräsentativ für Stadtteile
Lebensmittelkonsum	Statistische Daten für Stichjahre

Neubeschaffung Haushaltsgeräte	z.T. gesicherte Daten (Ausstattungsgrad), z.T. abgeleitete Daten (Lebensdauer)
Bekleidung	Statistische Daten, allerdings Stand der Daten: Anfang der 90er Jahre
Papierverbrauch	Statistische Daten
Möbelbedarf	Abgeleitete Daten (einfache Näherung)

Quelle: Öko-Institut

