

Prüfbericht zur GEMIS-Version 4.07 des Öko-Instituts

Inhaltsverzeichnis

Prüfbericht zur GEMIS-Version 4.07 des Öko-Instituts	1
1 Einführung	2
2 Bedeutung der Erweiterungen zur Vorgängerversion 3.x	2
3 Anwenderfreundlichkeit	5
3.1 Installation	5
3.2 Einführung	5
3.3 Bedienbarkeit	6
3.4 Verständlichkeit	6
3.5 Flexibilität/Einstellmöglichkeiten	7
3.6 Internet-Präsentation	7
4 Plausibilitätsprüfungen für ausgewählte Prozesse	7
4.1 Biogas	7
4.2 Solarthermie	8
4.3 HHS-Heizwerke	9
4.4 Holzheizanlagen	9
4.5 Klein-BHKW	10
4.6 Fotovoltaik	10
4.7 Windenergieanlagen	11
5 Daten-Updates	11
6 Broschüre Energieeinsparung und Klimaschutz in Schulen	11
7 Übersichtstabellen	12
8 Übergreifende Verbesserungsvorschläge	12
8.1 Entsorgung	12
8.2 Hilfe	12
9 Zusammenfassung	13

1 Einführung

Da die vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten mit der Auftragsvergabe bereitgestellte Programmversion 4.0 im Laufe der Prüfung durch neuere Versionen überholt wurde, basieren die hier vorgestellten Ergebnisse auf der zum Zeitpunkt der Erarbeitung aktuellsten im Internet beschaffbaren Version 4.07. Es ist jedoch abzusehen, dass es auch durch die im Rahmen der Prüfung durchgeführte Rücksprache mit dem Öko-Institut Darmstadt (Uwe R. Fritsche) zu einer kontinuierlichen Weiterentwicklung der GEMIS-Software kommen wird (Aktualisierung zu Version 4.08 im Frühjahr 2002 sowie 4.1 bis Herbst 2002). Deshalb kann es sich bei dieser Prüfung nur um eine Momentaufnahme handeln.

Durch die Weiterentwicklung des Programms über mehr als ein Jahrzehnt hat dieses Werkzeug eine Mächtigkeit erreicht, die eine vollständige Prüfung mit vertretbarem Aufwand nicht mehr zulässt. Zudem ist davon auszugehen, dass die grundlegenden Rechenalgorithmen bereits Gegenstand vorangegangener Überprüfungen waren.

Deshalb konzentriert sich diese Untersuchung gemäß dem zwischen Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten und hessenENERGIE vereinbarten Arbeitspaket im wesentlichen auf folgende Schwerpunkte:

- Bedeutung der Erweiterungen zur Vorgängerversion 3.x
- Anwenderfreundlichkeit
- Plausibilitätsprüfungen für ausgewählte Prozesse: Biogas, Solarthermie, HHS-Heizwerke, Klein-BHKW, Fotovoltaik und Windenergieanlagen.
- Übergreifende Verbesserungsvorschläge

2 Bedeutung der Erweiterungen zur Vorgängerversion 3.x

Neben der ständig stattfindenden Überarbeitung der einzelnen Datensätze haben sich mit dem Wechsel zur derzeitigen Version folgende wesentliche Änderungen ergeben:

1. Zweisprachigkeit: Deutsch und Englisch
2. vereinfachte Konvertierung der Daten (Ausgabe in Excel, Access und HTML)
3. Integration des Kumulierten Energieaufwands (KEA)
4. Integration des Kumulierten Stoffaufwands (KSA)
5. Verbesserte Möglichkeit zur Datensatzerweiterung und Verarbeitung auch durch Dritte
6. Ausführbarkeit von Mini-Szenarien
7. Hilfe-Touren
8. Erweiterung der Einstellungsoptionen
9. Stoff- und Energiemixer

Diese Änderungen werden im Folgenden erläutert.

1. Da GEMIS mittlerweile nicht mehr nur im deutschsprachigen Raum genutzt wird, war es ein wichtiger Schritt die Bezeichnungen und Beschreibungen auch in englischer Sprache anbieten zu können. Für die Zukunft wird zu überlegen sein, inwieweit eine weitere Ausdehnung des Sprachpools, auf z.B. französisch oder spanisch, erforderlich ist. Hierzu wird GEMIS vom Öko-Institut für die GTZ im Jahr 2002 weiterentwickelt.

2. Mit der wachsenden Komplexität der GEMIS-Software und –Datenbank wird es für viele Nutzer immer interessanter, sich von einzelnen „Spezialisten“ die für ihre Anwendungen notwendigen Berechnungen auf der Basis von GEMIS durchführen zu lassen, um dann mit den spezifischen Daten immer wiederkehrende Probleme quasi „per Hand“ zu berechnen. Hier sind die neuen Konvertierungsmöglichkeiten eine große Hilfe, da sie es ermöglichen, spezifische Daten ohne viel Mühe auch auf elektronischer Ebene weiterverarbeiten zu können, z.B. in eigenen Excel-Worksheets. Die Bedeutung dieser Auszüge wird auch durch die vom Öko-Institut angebotenen HTML-Seiten und Übersichtsblätter unter Excel zu den einzelnen Produkten und Prozessen sowie an der Datenbank des Bundesumweltamtes deutlich, die genau diese spezifischen Daten ohne den theoretischen Hintergrund für einfache erste Abschätzungen direkt im Internet anbieten (siehe <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/>).
3. Nachdem mit der VDI 4600 der KEA offiziellen Charakter erhalten hat, war es sinnvoll die im Rahmen der GEMIS-Szenarien berechneten Primärenergieaufwendungen so zu modifizieren, dass sie den Berechnungsregeln des KEA entsprechen. Da aber auch in der VDI-Norm einige Punkte nicht abschließend geklärt sind, war es notwendig einige grundlegende Festlegungen (KEA_{andere}, 100%-Regel) zu treffen. Der so modifizierte KEA stellt ein wichtiges Maß für die Beurteilung von Prozessen dar. Dessen Integration ist also aus der Sicht der Aktualität eine wesentliche Anpassung der Software.
4. Der Kumulierte Stoffaufwand ist eine Betrachtung, die analog zum Kumulierten Energieaufwand entworfen wurde. Hiermit hat das Öko-Institut als erste Organisation die Verbindung der energetischen und der stofflichen Betrachtung in einer Software erreicht. Andere Programme weisen in der Regel nur einen von beiden Werten gut aus und geben für den anderen wenn überhaupt, dann nur grobe Abschätzungen oder Zitate an. Somit hat das Öko-Institut in diesem Bereich eine Vorreiterstellung erreicht.
5. Früher bestand generell das Problem, dass es nur mit viel Mühe möglich war, selbsterzeugte Prozesse und Szenarien von einer Datensatzversion in die nächste zu übernehmen. Dies war für den Anwender zum Teil sehr lästig. Aus dieser Sicht ist eine von außen sehr unscheinbare programmtechnische Änderung von erheblichem Vorteil: Ein spezielles internes Bezeichnungssystem erlaubt es jetzt der Software bei Datensatzupdates zu erkennen, welche Prozesse und Szenarien selbst erzeugt wurden, um diese zu übernehmen. Des weiteren ist jetzt auch die eigenverantwortliche Verbreitung von eigenen Datensätzen durch die Registrierung von Anwendern möglich (bisher mussten diese immer durch das Öko-Institut eingegeben und verbreitet werden).
6. In den älteren Versionen konnten Prozessberechnungen immer nur über die Erzeugung von Szenarien ausgeführt werden. Dies war zum Teil gerade bei kleineren Fragestellungen oft sehr zeitraubend. Mit der neuen Version ist es möglich über die rechte Maustaste ein Menü zu öffnen, in dem jeder einzelne Prozess bezüglich Emissionen, Reststoffen, KEA/KSA und Flächenbedarf sofort berechnet werden kann. Die Ergebnisse enthalten dabei sämtliche Vorstufen.
7. Mit der neuen GEMIS-Version wurde versucht das Problem des Einstiegs für Neuanwender über sogenannte „Touren“ zu lösen. Diese zeigen Schritt für Schritt, wie bestimmte häufig gewünschte Ergebnisse erzeugt werden.

Dieser Ansatz erscheint für denjenigen der ernsthaft in das Programm einsteigen will als sehr hilfreich. In Verknüpfung mit der sehr reichhaltigen Online-Hilfe im Programm ist eigentlich alles erklärt, was für den Umgang mit GEMIS notwendig ist. Deshalb war im HMULF-Auftrag kein „Handbuch“ vorgesehen. Da jedoch viele Nutzer von Online-Hilfen abgeschreckt werden (schlechte Erfahrungen aus anderen Bereichen) hat sich das Öko-Institut entschlossen, die wesentlichen Inhalte der Online-Hilfe in einer Textversion zum Ausdrucken aufzubereiten und im Anhang dazu auch die Touren aufzunehmen. Dieses Handbuch wird im Oktober 2001 zur Verfügung stehen.

8. Die Einstellungsoptionen sind mittlerweile sehr umfangreich und lassen damit eine Anpassung der Ergebnisse in einem weiten Feld zu. Dabei kann unter anderem die 100%-Regel, die sich auf die primäre (Energie-)Rohstoffgewinnung bezieht, abgeschaltet werden, was eine Annäherung an die VDI 4600 zulässt. Durch die sehr einfache Bedienbarkeit kann schnell überprüft werden, wie sich die hier variierbaren Effekte auf das Gesamtergebnis auswirken, d.h. es ergibt sich schnell eine Aussage darüber, ob es sinnvoll ist, für eine bestimmte Untersuchung auf den jeweiligen Einstellungsparameter näher einzugehen und hier ausführliche Begründungen zu erarbeiten, warum eine bestimmte Variante gewählt wurde. Neben der Einstellung „Ressourcennutzung = 100%“ gibt es Globalschalter zum Aktivieren und Deaktivieren von Rechenvorschriften bezüglich „Bau-Vorleistungen“ (Herstellungsaufwand durch Materialvorleistungen), „nichstationärer Transport“ (Lkw, Schiffe usw.), „Gutschriften“, „Berücksichtigung stofflich genutzter Ressourcen“ und „behandelte/deponierte Reststoffe werden nicht im Ergebnis berücksichtigt“. Damit können auf einfache Weise Sensitivitätsanalysen auch in diesen Bereichen durchgeführt werden, in denen die Bilanzierungsvorgaben zum Teil umstritten sind.
9. Beachtenswert ist auch die Möglichkeit, bezüglich der Energiebilanzierung zwischen Brennwert (H_o) und Heizwert (H_u) umzuschalten. Dies ist gerade im Zusammenhang mit der Betrachtung von Erdgas-Prozessen von erheblicher Bedeutung. GEMIS ist weltweit das einzige Ökobilanzierungsprogramm, das dies kann.
10. GEMIS-Prozesse arbeiten grundsätzlich nur auf dem Prinzip, dass ein Hauptinputstoff (z.B. Erz) oder Energieträger (z.B. Erdgas, Heizöl) mit einem bestimmten Nutzungsgrad zu einem Hauptoutputstoff (z.B. Stahl) oder Energieträger (z.B. Wärme, Strom) umgewandelt wird. Nun gibt es aber Prozesse, die sowohl zwei nahezu gleichberechtigte Outputs (z.B. BHKW: Wärme und Strom) aufweisen, als auch zwei oder mehr gleichberechtigte Inputs benötigen. Für letzteren Fall sind die Mixer eingeführt worden. Sie erstellen aus den Einzelinputs einen Mixinput, der dann in der in GEMIS üblichen Verfahrensweise behandelt werden kann. Dies ist z.B. gerade für Zündstrahldiesel und Recyclingketten von erheblicher Bedeutung. Diese Mixer können in GEMIS 4.0 nun auch Brennstoffe so „mischen“, das ein Verbrennungsprozess den „gemixten“ Brennstoff einsetzt – es ist also nur noch ein Prozess nötig, der mehrere Brennstoffe gleichzeitig einsetzen kann.

Insgesamt bedeuten diese und die vielen kleineren Anpassungen, die auf den Internetseiten des Öko-Instituts nachvollzogen werden können, eine **erhebliche Weiterentwicklung** von GEMIS, so dass der Übergang von 3.x auf 4 mehr als gerechtfertigt ist.

3 Anwenderfreundlichkeit

3.1 Installation

Der Standard-Weg zur Installation von GEMIS ist die CD-ROM, von der aus ein Startmenü die Setup-Option anbietet (sowie den direkten Zugriff auf das website, das auf der CD gespeichert ist).

Anwender, die über das Internet GEMIS installieren wollen, müssen die richtige Adresse finden.

Ausgehend von www.oeko.de (das website des Öko-Instituts) ist GEMIS über den „Service“-Bereich zu erreichen – es bedarf zum Teil einiger Erfahrung im Umgang mit Begriffen im Internet, um zur Download-Seite für GEMIS zu kommen.

Ist diese erreicht (www.oeko.de/service/gemis) so ist die weitere Vorgehensweise gut beschrieben, auch wenn der viele Text dazu verleitet wichtige Hinweise zu überlesen, was dann zu einem erheblichen Installationschaos führen kann.

Davon abgesehen funktioniert die Installation bei Beachtung der Hinweise reibungslos.

Die Notwendigkeit zwei Dateien zu installieren (nur bei Installation über Internet, nicht bei der CD-Version) ist ungewohnt, aber entsprechend der Anleitung ebenfalls ohne größere Probleme durchführbar. Dass das Installationsprogramm nur in Englisch läuft, liegt an der benutzten Software und lässt sich nicht in Eigenregie durch das Öko-Institut beheben. Die Hersteller der Installationssoftware bemühen sich, eine deutsche Version bereitzustellen – ist diese verfügbar, wird das Öko-Institut die Installation vom Internet aus entsprechend zweisprachig anbieten.

3.2 Einführung

Die Internetseiten bieten ein sehr umfangreiches Paket an einführenden und vertiefenden Informationen. Für Anwender, die GEMIS schon seit geraumer Zeit nutzen, ist dies auch ein sehr gutes Nachschlagewerk, doch fehlt der „rote Faden“ für den Neueinsteiger. Dieser wird leicht durch die Vielfalt der Informationen abgeschreckt. Hier wäre eine interaktive Auswahl, wie bei modernen Installationsprogrammen, sehr von Vorteil: z.B. nach der Sprachauswahl ein Fenster mit „Schnelleinstieg/Installation der neuesten GEMIS-Version für erfahrene Anwender“, „Hintergrundinformationen“, „Bibliothek“ und „Einführung für Neueinsteiger“. Wobei gerade für die Neueinsteiger nach einer kurzen Einführung über die Funktion und Möglichkeiten von GEMIS nur die wesentlichen Downloads zur Verfügung stehen sollten, die als Anleitung zum Einarbeiten in GEMIS hilfreich sind (siehe oben Thema Handbuch).

Eine solche „gestufte“ Nutzerführung war laut Auskunft des Öko-Instituts jedoch nicht Gegenstand des Auftrags. Hier sollte überlegt werden, ein entsprechendes Folgevorhaben zu beauftragen.

Dieser Verbesserungsansatz bietet sich auch beim Programmstart von GEMIS an. Auch hier ließe sich ein Auswahlfenster vorsehen, das zwischen Neueinsteiger, der dann automatisch zur Hilfe geleitet wird und fortgeschrittenen Anwendern, die direkt ihr Projekt öffnen wollen (automatisch das Öffnen-Fenster aktivieren) unterscheidet. Dadurch wird das anfängliche „Rumprobieren“ vermieden, das in der Regel nur zu Frustration und der Feststellung führt, dass man es doch mit der Hilfe probieren muss.

3.3 Bedienbarkeit

Sobald die grundsätzliche Funktionsweise von GEMIS verstanden ist (zum Beispiel nach Ausführung einiger der angebotenen Touren), ist die Bedienung relativ einfach. Insbesondere die neuen Optionen zum Einsatz der rechten Maustaste in den Fenstern und die Berechnung von Mini-Szenarien erleichtert die Arbeit erheblich. Störend wirkt sich zum Teil die durch Windows sehr willkürlich gesteuerte Fensterverwaltung aus, die zum Teil zu nicht ganz sichtbaren Platzierungen auf kleineren Bildschirmen führt. Dies kann unter Umständen ermüdende Fensterverschiebeoperationen erzwingen, da sich das Programm diese leider nicht merken kann (Windows-Problem). Das Öko-Institut hat die generelle Fensteranordnung so ausgelegt, dass auf den heutigen Standard-14-Zoll-Monitoren mit 1024x748 Bildpunkten Auflösung alle Fenster und Fensterelemente sichtbar sind.

Beim gleichzeitigen Anzeigen mehrerer Fenster bietet Windows leider keine Unterstützung, um diese gezielt zu „platzieren“.

Die derzeit auf Wunsch einiger Anwender vorgenommene Löschung der Filtereinstellungen (außer Bearbeiter und Quelle) erscheint aus unserer Sicht nachteilig, da bei der Erarbeitung einer Thematik oft auf ähnliche Filter zurückgegriffen werden muss und damit in der jetzigen Version unnötige Auswahlaktionen erfolgen müssen. Das Argument des „Immer-alles-sehen-können“ kann bei über 4400 Prozessen nicht mehr greifen, da hier ohne Systematik kaum eine zeiteffiziente Auswahl eines Prozesses möglich ist.

Hier sollte in späteren Modell-updates das Speichern der gewählten Filterkriterien als Option wählbar sein.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass das Filtersystem eine große Hilfe darstellt, da die gewählte Nomenklatur nicht immer intuitiv zum richtigen Anfangsbuchstaben im Alphabet führt, so dass eine Auswahl aus allen vorhandenen Prozessen fast nicht machbar ist.

Der erste Aufruf innerhalb der Prozesse mit der rechten Maustaste dauert sehr lange bis das zugehörige Menü aufgeht (dies liegt an der Ladezeit der Daten von der Festplatte und der Geschwindigkeit des PC). Meist klickt man bereits vorher verunsichert weiter und sieht das Fenster irgendwann nur kurz aufgehen und dann gleich wieder verschwinden. Hier wäre eine angepasste Programmierung mit verkürzter Nachladezeit sehr hilfreich.

Das Ladezeitproblem besteht allerdings nur beim ersten Öffnen eines Datenfensters.

3.4 Verständlichkeit

Grundsätzlich sind die errechneten Ergebnisse gut verständlich. Gelegentlich kommt es zu Verständnisschwierigkeiten im Umgang mit den spezifischen Ergebnissen, doch sind diese eher grundlegender Natur. Probleme gibt es dagegen häufiger bei den Modulen, die sich mit Kraft-Wärme-Kopplungsanwendungen beschäftigen, wobei dies auch ein grundsätzliches Problem ist.

Die entscheidenderen Schwierigkeiten liegen im Bereich des Verständnisses des grundlegenden Denkschemas. So ist es anfangs etwas schwer vom Endprodukt aus zurück zum Anfang zu blicken und die Ergebnisse in diesem Sinne zu interpretieren. Dies wird insbesondere bei der Änderung von Prozessen deutlich, da hier auch Hilfs-

stoffe und Hilfsenergien auf den Nutzen und nicht den Input bezogen werden müssen (wobei dies im Bereich der Ökobilanzierung kein ungewöhnlicher Ansatz ist).

3.5 Flexibilität/Einstellmöglichkeiten

GEMIS ist eine hochflexible Datenbank. Durch die Möglichkeit alle Prozesse und Produkte beliebig zu verändern und selbst neue Produkte, Prozesse und Szenarien zu schaffen, gibt es praktisch keine Fragestellung, die nicht gelöst werden könnte. Diese Flexibilität birgt aber auch automatisch das Risiko in sich, dass ohne tiefergehendes Verständnis der hinterlegten Rechenalgorithmen Veränderungen vorgenommen werden, die zu grundlegend falschen Ergebnissen führen. Insofern erschließt sich der volle Nutzen der hohen Flexibilität erst dem geübten und verständigen Nutzer. Anfänger und gelegentliche Nutzer werden oft von der Vielzahl der Einstellmöglichkeiten überfordert. In diesem Sinne stellen die jetzt angebotenen Ergebnistabellen, mit deren spezifischen Werten die meisten Abschätzungen zu Luftschadstoffen und Energieaufwendungen gut erarbeitet werden können, eine sehr gute Ergänzung dar.

3.6 Internet-Präsentation

Die Überschriften in den Auswahlmenüs stimmen zum Teil nicht mit der Beschriftung der Seiten überein, die dann geöffnet werden. Inhaltlich sind sie zwar korrekt, können aber trotzdem für den ungeübten Neueinsteiger zu Verwirrungen führen.

4 Plausibilitätsprüfungen für ausgewählte Prozesse

4.1 Biogas

Die Standard-Prozesskette im Biogas-Bereich sieht eine Umwandlung von Gülle in Biogas und dann von Biogas in Strom beziehungsweise Wärme vor. Dies ist aus rein energetischer Sicht so auch richtig. Bei den durch die hessenENERGIE GmbH gelieferten Daten wurde der Schritt der Umwandlung von Gülle zu Biogas integriert, aber der Nutzungsgrad nur entsprechend der Umwandlungswirkungsgrade der BHKW angesetzt. Dies führt zu sehr deutlichen Unterschieden zu den anderen Biogas-BHKW-Prozessen. In Absprache mit dem Öko-Institut erfolgt hier eine Aufsplittung und Anpassung an die Standardprozesskette (die Auftrennung der Investitionskosten erfolgt durch Bereitstellung der notwendigen Daten durch die hE).

Die bisher eingegebenen Biogas-BHKW sehen keine Zündstrahldiesel vor. Diese setzen sich derzeit jedoch am Markt durch. Deshalb ist es sinnvoll mit Hilfe eines entsprechenden Mixers diese auch in GEMIS zu erfassen. Die hE stellt die aus der fachtechnischen Begleitung und der Vorfeldberatung bekannten Daten zu einem Datensatz für das Öko-Institut zusammen.

Auch hier taucht das generelle Problem der BHKW auf: Wie soll bei einer stromseitigen Bilanzierung mit der Wärme umgegangen werden. Bisher kann eine Gutschrift über eine alternative Wärmeerzeugung erfolgen, wobei angegeben werden muss, wieviel Wärme im Vergleich zum Stromoutput abgenommen wird.

Dieser Wert liegt bei Biogas-BHKW nach Abzug des Eigenbedarfs für die Fermenterbeheizung bei maximal etwa $0,8 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{kWh}_{\text{el}}$. Da Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich aber meist etwas abseits von dichter Wohnbebauung oder sonstigen größeren Wärmeabnehmern stehen, wird oftmals ein großer Teil der Wärme über Notlüfter weggekühlt. Im Resultat sinkt dann aber diese Wärmevergütungszahl entsprechend, so dass sie oftmals nur bei $0,2 \text{ kWh}/\text{kWh}$ liegt.

Hier ergibt sich also ein weites Feld der Einstellmöglichkeiten, wobei der Eingabezusammenhang für den Laien nicht sofort einsichtig ist. Deshalb erscheint es angeraten, typische Nutzungsprofile zu beschreiben und zu berechnen (z.B. Biogasanlage bei mittlerem landwirtschaftlichem Betrieb mit Hausbeheizung über Biogasanlage oder Biogasanlage in Großbetrieb mit Hausbeheizung und Ferkelaufzucht oder große Biogasanlage mit Wärmeeinspeisung in Nahwärmeverbund).

Die Frage der Kofermentation braucht inhaltlich gemäß nachvollziehbarer Ausführungen des Öko-Instituts nicht näher beleuchtet werden, da die Kofermentate auf den Energieinhalt bezogen ähnliche Gasausbeuten haben wie die Gülle, so dass in Verbindung mit dem Fehlen zusätzlicher Transporte für die Kofermentate, die nicht auch bei einer anderweitigen Entsorgung z.B. über die Kompostierung anfallen, bei einer energetischen Umsetzung keine Unterscheidung getroffen werden muss.

Die Biogas-BHKW weisen keine Flächeninanspruchnahme auf. Hier erscheinen je nach Größe Werte von $10\text{-}15 \text{ m}^2$ bei einer Größe von $50\text{-}200 \text{ kW}_{\text{el}}$ als plausibel.

Die Werte, die bisher für die Flächeninanspruchnahme bei der Biogas-Produktion angesetzt wurden ($2 \text{ m}^2/\text{MW}$) erscheinen aus unserer Sicht als sehr niedrig angesetzt. Wird primär nur der Fermenter angesetzt, so ergeben geförderte Anlagen rund $0,1 \text{ m}^2/\text{MWh}/\text{a}$ an Biogasproduktion. Bezogen auf eine Volllaststundenzahl von $5000 \text{ h}/\text{a}$ ergibt sich also ein Flächenbedarf von rund $500 \text{ m}^2/\text{MW}$ an Fermentergasproduktionsleistung.

4.2 Solarthermie

Der Standard-Flachkollektor kann für Emissionsabschätzungen als ausreichend aktuell angesehen werden. Wünschenswert wäre zusätzlich eine Version für einen Röhrenkollektor, wobei hier nach Aussage des Öko-Instituts aufgrund fehlender verlässlicher Kostendaten kein Modul erstellt werden konnte. Aus der Erfahrung mit kommunalen Antragstellern und der von der hE durchgeführten Solartouren lässt sich in erster Näherung ein üblicher Wert von etwa $4.000 \text{ DM}/\text{m}^2$ angeben (inkl. Speicher, kleinere Anlagen).

Für die Schwimmbadabsorber werden mit Abschluss der solarthermischen Auswertungsstudie überarbeitete Daten verfügbar sein. Diese können dann dem Öko-Institut zur Verfügung gestellt werden. Hier bietet es sich dann auch an ein Mixer-Modul zu erstellen, das einen bivalenten Betrieb einer Solarabsorberanlage mit konventioneller Nachheizung auch kostenmäßig erfasst. Die Vollbenutzungsstunden in Höhe von $1500 \text{ h}/\text{a}$ erscheinen aus unserer Sicht etwas hoch, da die Schwimmbäder meist nur im Sommer genutzt werden und die Anlagen in lang anhaltenden Hitzeperioden abgeschaltet werden. Verlässliche Angaben sollte die solarthermische Auswertungsstudie liefern.

Generell ist für den Nutzer zu beachten, dass die Effizienz der solarthermischen Anlagen sehr stark von Randparametern beeinflusst wird, so dass durch Speicherver-

luste die solaren Erträge deutlich von einer guten Planvorgabe abweichen können. Dementsprechend verschlechtern sich auch die in GEMIS ermittelten spezifischen Werte. Der Nutzer sollte also entsprechend vorsichtig mit den Ergebnisse umgehen. Zudem sollte die Beschreibung des bilanzierten Moduls etwas ausführlicher sein (Auslegung in Bezug auf solaren Deckungsanteil, eventuell auch grundlegende Dimensionierungsrichtwerte, um den unterstellten Wirkungsgrad zu erreichen: Speichergröße, Größe des Kollektors im Vergleich zum Warmwasserbedarf, Nutzerprofil).

4.3 HHS-Heizwerke

Für den Einsatz von HHS-Heizanlagen sollte ein Mixer kreiert werden, der das typische Mix aus 70-80% Deckung des Wärmebedarfs über die HHS-Anlage und Deckung des Restes über einen konventionellen Spitzenkessel bei einer Leistung des HHS-Kessels von etwa 30-40% des Spitzenbedarfs abbildet. Damit werden dann auch die bisher angesetzten Vollbenutzungsstunden realistischer.

Die Flächendaten sind zu prüfen, da bei Einschluss eines HHS-Lagers dieses je nach Lagervorratszeit bereits 30-100 m²/MW ausmachen kann.

Unter der Bezeichnung „Holz-HS-Heizwerk-D-5 MW“ ist ein Heizwerk mit einer Leistung von 10 MW abgebildet.

Die Gewichtsangaben für die HHS-Anlagen (Stofflieferant Herstellung) erscheinen relativ niedrig (bisher 50 kg/MW; Anbieterinformationen geben dagegen bei 1 MW ein Gesamtgewicht von rund 3-5 t für den Kessel an, davon sollten mindestens 20 % Stahl sein; Rest vor allem Scharmottstein). Anhand von durch die hE zur Verfügung gestellten Daten überprüft das Öko-Institut die Eingaben. Dabei sollte das Gewicht an Stahl für die Lageraustragung (i.R. Schubböden) mit einbezogen werden.

Das Öko-Institut plant die Eingabe eines Spilling-Motors mit vorgeschalteter HHS-Nutzung, um auch diesen durch die BiomasseVO interessant gewordenen Bereich abzubilden.

Sobald erste Erfahrungen bezüglich der größeren EEG-Kraftwerke vorliegen, wird das Öko-Institut auch diese Lücke füllen (20 MW_{el}; Altholznutzung).

Die drei „Holzhackschnitzel-Heizwerk-D-Hessen“ sollten unter Einbeziehung der Möglichkeiten des Brennstoffmixers vollständig überarbeitet werden. Insbesondere die Emissionsdaten bedürfen einer eingehenden Beurteilung durch die hE und sollten mit denen anderer Anlagen abgestimmt werden. Dies ist jedoch nur nach Anforderung der Emissionsmessprotokolle vom Regierungspräsidium Kassel möglich.

4.4 Holzheizanlagen

Bei der „Holz-Pellet-Heizung-D“ wurde die Flächenangabe gezielt auf Null gesetzt, da davon ausgegangen wurde, dass keine größeren Mengen im Gebäude gelagert werden. Dieser Ansatz wird aber noch im Kommentar vermerkt werden. Die angesetzte Stahlmenge von 25 t erscheint im Vergleich zu den sonstigen Werten bei HHS-Anlagen als angemessen. Bezüglich des Strombedarfs und Materialaufwands wäre eine Unterscheidung zwischen Saugzugaustragung mit Kunststoffschlauch und Schneckenförderung interessant.

Dagegen erscheinen die Angaben für die Holz-Stücke-Heizung-D (Zentralheizung) eher zu gering (bautechnisch Pelletkessel und Stückholzkessel ähnlich dimensioniert: 20 kW ca. 800 kg Kesselgesamtgewicht). Der Wirkungsgrad könnte bei modernen

Stückholz-Anlagen durchaus mit 75-80 % angenommen werden. Hier wäre zumindest im Kommentar festzuhalten, inwiefern der Flächenbedarf für die Ablagerung der Holzscheite einbezogen wird.

Die 10 kW „Holz-HS-Heizung-D“ erscheint aus unserer Sicht eher als Sondermodell, da sie sich i. R. weder wirtschaftlich noch betriebstechnisch gut darstellen lässt. Bei dem Modul fehlt ebenfalls die Flächeneingabe. Bezüglich der Investitionskosten sollte zwischen den HHS-Anlagen und den Pelletanlagen in den kleinen Leistungsgrößen um 10-20 kW ein deutlicher Vorteil zu Gunsten der Pelletkessel erkennbar sein.

Bei der „Fabrik/Holz-Pellets-D“ ist grundsätzlich zu prüfen, ob der österreichische Weg aus HHS Holzpellets zu produzieren auch in Deutschland Anwendung findet. Üblicherweise werden hier Sägewerksabfälle wie Hobelspäne und Sägewerksmehl verarbeitet. Die HHS müssten sonst erst noch gemahlen/geraspelt werden. Zudem sind die Ausgangsstoffe auf 10% Feuchte vorzutrocknen, so dass bei „Hilfsprodukte“ die einzusetzende Wärmeenergie anzusetzen ist. Zudem erscheint ein Stromaufwand von 1% des Brennwertes als relativ niedrig, wenn man bedenkt, dass die Pellets allein durch den über Elektromotoren erzeugten Druck verbacken werden und so ihre feste Form bekommen und dadurch am Ende relativ heiß aus der Presse fallen (z.T. Verkohlungen). Dieser energetisch bedeutende Schritt sollte auf jeden Fall geprüft und gegebenenfalls an die deutschen Verhältnisse angepasst werden (derzeit entstehen eine ganze Reihe von Pelletproduktionsstätten in Deutschland).

4.5 Klein-BHKW

Hier sind eine ganze Reihe von Modulen abgelegt. Dabei sind jedoch für jeden Einzelfall die Vollbenutzungsstunden, Wirkungsgrade und insbesondere der Anteil der Wärmenutzung an die Realität anzupassen, wobei die gewählten Vorgaben durchaus als plausibel erscheinen. Hierbei wäre es vorteilhaft in der Hilfe ein Thema zum Umgang mit dem Koppelprodukt Wärme einzufügen. Dort könnte dann auch die Eingabeweise über die Seite „Hilfsprodukte“ Feld „Energieförderanten (Hilfsenergie)“ als negativer Anteil der Wärme im Vergleich zur Stromabgabe erklärt werden. Dies ist für viele Anwender nicht auf den ersten Blick nachvollziehbar. Insbesondere die Frage nach der Nutzung der entstehenden Wärme ist für den Anwender von Bedeutung, da der Gutschriftfaktor prinzipiell nur die tatsächlich genutzte Wärme und nicht Wärme erfassen darf, die über einen Notkühler entsorgt wird. Im Rahmen der „KWK-Tour“ wird auf diese Probleme eingegangen.

4.6 Fotovoltaik

Für die Silizium basierten Fotovoltaik-Module fand 1999 eine Überarbeitung der bekannten Quellen statt. Erweiterungsbedarf besteht im Bereich neuer Produktionsmethoden und der Produktion neuer Dünnschichtzellen (CIS, CdTe). Hier liegen zur Zeit jedoch noch keine verlässlichen Daten vor.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Zukunft ist die Berücksichtigung der Entsorgung der Module. Insbesondere bei den kristallinen Si-Zellen können leicht 60% der Energie bei der Zellenproduktion eingespart werden. Dies verbessert die energetischen Aufwandswerte ganz erheblich. Da die Anwendung jedoch bisher nur im Labor erfolgt und die Errichtung von kommerziellen Anlagen noch fraglich ist, ist die Erstellung eines entsprechenden Entsorgungsmoduls zur Zeit relativ schwierig.

Im Bereich der Datenerfassung besteht also in diesem Bereich für die Zukunft noch Nachholbedarf.

4.7 Windenergieanlagen

In diesem Bereich sollten die Daten eingehender aktualisiert werden (Quellen 1994 und 1995). Gerade bei der Windenergienutzung haben sich erhebliche Weiterentwicklungen ergeben, die nicht unberücksichtigt bleiben sollten. Unter anderem wäre es vorteilhaft mehr Einzelanlagen zu haben, die auch den nun anvisierten Bereich von 1,5 bis 5 MW abdecken.

Bezüglich der Vollbenutzungsstunden erscheint eine Aufteilung in Küsten- und in Binnenlandstandorte sinnvoll, da sich hier eine deutliche Unterscheidung ergibt. Zusätzlich sollte ein Modul für Offshore-Windparks aufgenommen werden, wobei die Netzanbindung hier nicht vernachlässigt werden sollte.

Bezüglich der Flächeninanspruchnahme wäre noch zu definieren, was darunter zu verstehen ist (Fundament, Rotorkreisfläche, Fläche von 0,4 mal Bauhöhe oder die vom Park umschlossene Fläche).

5 Daten-Updates

Die unter Punkt 4 angesprochenen wünschenswerten Daten-Updates „veralteter“ Module sind an dieser Stelle nicht als Kritik an dem absolvierten Arbeitspaket zu verstehen, da es dabei nicht um diese sondern um die inhaltliche Weiterentwicklung gegangen ist.

Im Rahmen der Prüfung ist jedoch aufgefallen, dass in bestimmten Bereichen der Erneuerbaren Energien einige aktuelle Entwicklungen untersucht und dann im Rahmen von neuen Datensätzen abgebildet werden sollten. Es erscheint uns sinnvoll über eine Auftragsvergabe zu dieser Fragestellung nachzudenken, da sich gerade bei der Windenergie und der Fotovoltaik spürbare Veränderungen der Berechnungsergebnisse ergeben können, die u.a. einen wesentlichen Beitrag zur Diskussion um die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten liefern können. Zudem ist vielerorts gerade im Windbereich eine differenziertere Betrachtung notwendig, nachdem sich zum Teil vehementer Widerstand von Seiten der Bevölkerung formiert.

6 Broschüre Energieeinsparung und Klimaschutz in Schulen

Im Rahmen der Verstärkung des Klimaschutzgedankens bei den Entscheidungsträgern von morgen wurde versucht, mögliche Maßnahmen an Schulen zur Energieeinsparung mit Hilfe von GEMIS anschaulich zu bewerten und zu quantifizieren. Die Bewertung von Einsparmaßnahmen anhand der Energieverbräuche und CO₂-Emissionen macht diese erst nachvollziehbar und verständlich. In diesem Sinne kann GEMIS auch als Entscheidungskriterium herangezogen werden, welche Maßnahmen bezüglich der Energieeinsparungen und CO₂-Reduktionen die größte Kosteneffizienz aufweisen.

Der praktische Versuch zur Integration einer PC-gestützten Bilanzierung von Kohlendioxidemissionen in Schulen ist als interessantes und sinnvolles Projekt einzustufen. Die gesammelten Erfahrungen zeigen deutlich auf, dass der Einsatz von Computerprogrammen als Werkzeug verstanden werden muss. Aus dieser Sicht erscheint ein Informatikunterricht etwas problematisch. Vielmehr sollte angestrebt werden, dass

zum Beispiel in einem Physikunterricht mit Unterstützung des PC die Thematik behandelt wird. Die im Anhang aufgeführten Excel-Blätter erscheinen etwas überfrachtet, so dass die Aufmerksamkeit der Schüler schnell abschweift. Sinnvoll wäre sicherlich eine Verbindung der Programmeinführung mit einem konkreten Projekt, z.B. Erfassung der Stromverbräuche der Schule über Abrechnungen aus dem Sekretariat und dem Zählen der Verbraucher, Eintag in ein Datenblatt am PC, Erläuterung der Entstehung von elektrischem Strom und seiner Umwandlungs- und Transportkette, dann Einführung der entsprechenden CO₂-Faktoren und Berechnung der Ergebnisse. Im Rahmen dieser Unterrichtseinheit könnte sicherlich auch Interesse bei den Schülern zur Einrichtung einer Arbeitsgemeinschaft zum Klimaschutz und der Energieeinsparung geweckt werden, die sich dann auch eingehender mit GEMIS auseinandersetzen könnte. Aus dieser Sicht erscheint der vorgestellte Ansatz weiter verfolgenswert.

7 Übersichtstabellen

Prinzipiell bietet mittlerweile sowohl das Öko-Institut als auch das UBA Übersichtstabellen zu den wesentlichsten Prozessen an. Für die üblichen Arbeiten sind diese jedoch meist noch zu umfangreich, so dass die im Anhang aufgestellten Zusammenfassungen mit den für die praktische Arbeit wesentlichen Hinweisen erstellt wurden und in Absprache mit dem Öko-Institut auch auf den Internet-Seiten der hessenENERGIE GmbH mit Hinweis auf die Förderung durch das HMULF veröffentlicht werden.

8 Übergreifende Verbesserungsvorschläge

8.1 Entsorgung

In der neuen GEMIS-Version werden auch die Entsorgungsprozesse erfasst. Dies zieht sich aber noch nicht vollständig durch alle Ketten, da oft nicht zu Beginn des Lebensweges klar ist, wie der Entsorgungsweg am Ende aussehen soll. Dementsprechend kann/muss das Ende noch im Einzelnen gewählt werden. Dass die Vorstufen bisher ohne Entsorgung bilanziert werden, wirkt sich innerhalb der vorhandenen Fehlertoleranz praktisch nicht aus, da in der Regel nur maximal 10% des Ergebnisses jeder Vorstufe durch die Entsorgung bestimmt sind. Für die Zukunft ist eine Erweiterung der Entsorgungsmodule angedacht, da es im Einzelfall gerade durch Recycling-Prozesse zu erheblichen Verschiebungen kommen kann: z.B. können bei kristallinen PV-Zellen leicht 60% an Energie in der Wafer-Fertigung eingespart werden, wenn gebrauchte Zellen wiederverwendet werden. Hier ergeben sich dann ganz erhebliche Einflüsse auf den KEA und die Stoffbilanz.

8.2 Hilfe

Die Bezeichnung der „Reiter“ und „Buttons“ könnte auch im Glossar der Hilfe erklärt werden.

9 Zusammenfassung

GEMIS 4.07 stellt ein mächtiges Instrument zur Abschätzung von Umweltauswirkungen dar. Aufgrund der weiter angewachsenen Komplexität ist der Zugang für Erstanwender nicht immer ganz einfach, auch wenn die Hilfsfunktionen und die Einführungstouren eine große Hilfe sind. Die Erstellung von Datenübersichten in Tabellenform ist gerade für den nur am Rande mit Umweltfragen Beschäftigten eine große Erleichterung. Die Im- und Exportmöglichkeiten stellen eine deutliche Verbesserung gegenüber älteren Versionen dar. Mit der Integration des Kumulierten Energieaufwands und des Kumulierten Stoffaufwands enthält GEMIS die zur Zeit wichtigsten Kenngrößen für die Umweltbetrachtung. Eine mögliche Ergänzung wären noch Toxizitätswerte. Damit wären dann alle für eine Ökobilanz wesentlichen Wirkungskategorien abgebildet.

Die stark verbesserten Möglichkeiten des Updates von Datensätzen bei gleichzeitigem Erhalt der selbst erzeugten Module stellen einen erheblichen Fortschritt dar. Der Sprung von GEMIS 3.0 auf GEMIS 4.07 ist als deutliche Weiterentwicklung zu werten. Die Überarbeitung und Ergänzung der bestehenden Prozesse und Szenarien stellt auch für die Zukunft eine Herausforderung dar. Dabei sind die Bemühungen des Öko-Instituts, GEMIS für andere Datenquellen zu öffnen, als besonders anerkanntenswert zu charakterisieren.

Insgesamt stellt GEMIS 4.07 für geübte Anwender ein gut nutzbares Werkzeug zur Bestimmung der ökologischen Auswirkungen von Energiesystemen dar.

Wiesbaden, den 27.09.01

i.A. Lenz