



Energieautarke Ver- und Entsorgungssysteme für Insel(an)lagen

S. Kimmich
Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V.
Rodenbacher Chaussee 6, 63457 Hanau
Tel.: (06181) 582701, Fax: (06181) 582702
e-mail: hanau@iset.uni-kassel.de

1 Zusammenfassung

Fossile Energieträger und Wasser werden zunehmend knapper. Besonders ist in Inselanlagen das Angebot dieser Ressourcen oft nur begrenzt oder ggf. gar nicht vorhanden.

Deshalb müssen Konzepte entwickelt werden, die es zum Ziel haben, die fossilen Energieträger zu ersetzen und Wasser nur im absolut notwendigen Maß einzusetzen.

Fossile Energieträger können zum einen durch Sonnenenergie nutzende Verfahren wie bei Photovoltaik und Windnutzung, Wasserenergie einsetzende Verfahren in Form von Wasserkraftwerken und zum anderen durch energieerzeugende Prozesse wie die anaerobe Vergärung (Nutzung des bei der Vergärung anfallenden Biogases z. B. in einem Blockheizkraftwerk zur Wärme- und Energieerzeugung) ersetzt werden.

Kleine Ortschaften, Aussiedlerhöfe, Almhütten etc. liegen meist abseits der üblichen Ver- und Entsorgungssysteme kommunaler oder öffentlicher Anbieter. Da besonders Berghütten (z. B. in den Alpen) außerdem häufig in ökologisch sehr sensiblen Gebieten liegen, ist es notwendig, die Ressourcen Wasser und Energie rationell zu verwenden.

Die derzeitigen Energiekonzepte für die Stromversorgung von Inselsystemen basieren meist auf der Verwendung von Solarzellen mit Batteriespeicher und einem Dieselaggregat, um Spitzenbelastungen und Schlechtwetterperioden zu überbrücken. Die Einbeziehung der Wasser- und Abfallentsorgung erfordert neue gesamtökologische Betrachtungsweise, da der Energiebedarf für die Entsorgung den Energieverbrauch der gesamten Inselsysteme verdoppeln kann.

Hier sind neue und umfassende Ver- und Entsorgungskonzepte gefragt, die einen gesicherten autarken Betrieb ermöglichen. Im vorliegenden Beitrag werden die einzelnen Komponenten der Energie- und Wasserversorgung sowie der Abwasserreinigung und der organischen Abfallbehandlung für die energieautarke Ver- und Entsorgung von Inselsystemen dargestellt:



2 Einleitung

Um einer Erwärmung unserer Atmosphäre und den daraus folgenden negativen Auswirkungen auf unser Klima entgegenzuwirken, müssen die durch den Energieverbrauch verursachten CO₂-Emissionen deutlich verringert werden. Darüber hinaus gilt es, die prinzipiell begrenzten Ressourcen zu schonen und generell die energiebedingten Schadstoffemissionen zu reduzieren. Eine langfristig gesicherte Energieversorgung, die sowohl wirtschaftlich als auch umweltverträglich ist, bildet eine wesentliche Grundlage für die ökonomische und ökologische Entwicklung einer, im internationalen Wettbewerb stehenden modernen Industriegesellschaft. Forschung und Entwicklung im Bereich der rationellen Energieverwendung und der Nutzung erneuerbarer Energien tragen wesentlich zur Verbreiterung der wissenschaftlich-technischen Basis einer Volkswirtschaft und somit zur nachhaltigen Sicherung der Lebensqualität bei.

Im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energieträger existiert bereits eine große Bandbreite von Verfahren. Zu diesen zählt neben Wind- und Sonnenenergie, Wasserkraft und Geothermie auch die Biomasse. Technologien zur energetischen Nutzung der Biomasse haben in einigen Bereichen bereits einen hohen technischen Stand erreicht. Dazu zählen u.a. die schon weit verbreitete thermische Konversion (z. B. Holzhackschnitzel) und die Biogaserzeugung mit typisch anfallenden Grundsubstraten und relativ einfachen Anlagen (z. B. in der Landwirtschaft).

Die energetische Nutzung von Biomasse bietet neben der CO₂-Reduktion und der Ressourcenschonung noch weitere Vorteile, wie beispielsweise die Schaffung von Arbeitsplätzen im regionalen Umfeld, Zusatzeinkommen für die Landwirtschaft sowie neue Produkte und Absatzmärkte für mittelständische Unternehmen. Insbesondere der entstehende Exportmarkt für entsprechende Anlagentechnik bietet einheimischen Herstellern ein zukunftsträchtiges Betätigungsfeld.

Europäische Dimension

Die Europäische Kommission setzt in ihrem Weißbuch "Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger" ein ambitioniertes Ziel für die künftige Nutzung erneuerbarer Energien. Bis zum Jahr 2010 sollen 12% des Bruttoinlandsenergieverbrauchs in der Europäischen Union durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Um dies zu erreichen soll unter anderem der Beitrag der Biomasse verdreifacht werden.

Konkret bedeutet dies: Es soll zu einer wesentlichen Ausweitung der Wärmeerzeugung, zu einer Verzehnfachung der Stromerzeugung und zu einer Vervielfachung der Treibstoffherzeugung aus Biomasse kommen. Von den zusätzlich ca. 120 Mio. t RöE, welche die erneuerbaren Energien bis ins Jahr 2010 zum Bruttoinlandsgesamtverbrauch der EU beisteuern sollen, werden etwa 90 Mio. t RöE, entsprechend ca. 75 %, auf die Biomasse entfallen.



Hieraus ergibt sich im europäischen Bioenergiesektor ein Investitionsbedarf von ca. 400 Milliarden DM bis zum Jahr 2010.

Aufgrund dieser Einschätzungen ist der energetischen Biomassenutzung kurz- bis mittelfristig ein erhebliches Marktpotential beizumessen. Die erwähnten 90 Mio. t RÖE (entspricht als Biomasseäquivalent etwa z. B. 340 Mio. t Holz) müssen angebaut, gesammelt bzw. geerntet, aufbereitet und transportiert werden. Dies wird auch bei den Biomasseproduzenten und Zulieferern, z. B. aus der Land- und Forstwirtschaft zu einem deutlichen Beschäftigungszuwachs führen.

Des weiteren ist zu erwähnen, dass die Europäische Kommission die energetische Biomassenutzung in Ihrem Fünften Rahmenprogramm durch verstärkte Förderung von Forschung und Entwicklung berücksichtigt.

3 Ver- und Entsorgungskonzepte

Verschiedene Ver- und Entsorgungskomponenten lassen sich durch geeignete Auswahl und Dimensionierung zu einem autarken System für Inselanlagen konfigurieren. Besonders wichtig für einen bedarfsgerechten und wirtschaftlichen Betrieb solcher Anlagen sind Betriebsführungs- und Managementsysteme (z. B. in Bezug auf Energie), die sowohl die technischen und verfahrenstechnischen Notwendigkeiten sicherstellen als auch Kostenaspekte berücksichtigen.

Die zu entwickelnden Ver- und Entsorgungskonzepte sollten zum Ziel haben, die fossilen Energieträger zu ersetzen und Wasser nur im absolut notwendigen Maß einzusetzen.

Die Ver- und Entsorgungskonzepte sind auf die jeweiligen Randbedingungen der Ortschaften, einzelnen Höfe, Berghütten etc. genau abzustimmen. Z. B. ist die Kraft-Wärme-Kopplung mittels Blockheizkraftwerk derzeit erst ab einer Größe von ca. 5 kW_{elektrisch} auf dem Markt erhältlich. Um dieses wirtschaftlich einsetzen zu können, muss entsprechend viel Brennstoff zur Verfügung stehen.

Nachfolgend werden die einzelnen Komponenten zur Energie- und Wasserversorgung sowie zur Abwasserreinigung und organischen Abfallbehandlung näher erläutert.

3.1 Energieversorgung

Ist für die Energieversorgung ein Netzanschluss der zu versorgenden Einheit nicht möglich, sollten z. B. keine Dieselaggregate als Ersatz verwendet werden, da diese die Umwelt stark belasten. Hier bietet sich der Einsatz regenerativer Energiequellen besonders an.



Je nach geographischer und topographischer Lage der Ansiedlung, Ortschaft oder Berghütte können folgende autonome Systeme, auch miteinander gekoppelt als Hybridsysteme, eingesetzt werden:

- Photovoltaikanlage,
- Windkraftanlage,
- Wasserturbine,
- Thermische Kollektoren,
- Aggregate mit Kraft-Wärme-Kopplung (mit Biogas oder Pflanzenöl betrieben) und
- Propangasspeicher als Sicherheitsreserve.

(siehe Abb. 1)

An dieser Stelle soll speziell die Kraft-Wärme-Kopplung als besonders effizientes Verfahren näher erläutert werden.

3.1.1 Kraft-Wärme-Kopplung

Eine Möglichkeit zur Vermeidung von Emissionen ist die gemeinsame Erzeugung von Strom (Kraft) und Wärme in sogenannten Blockheizkraftwerken. Dabei wird die bei der Stromerzeugung (ca. 25 – 30 %) anfallende Abwärme (ca. 60 – 65 %) unter anderem auch für betriebsinterne Prozesse zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise kann der Energiegehalt der eingesetzten Brennstoffe bis zu maximal 95 % ausgenutzt werden.

Für den Betrieb des Blockheizkraftwerkes kann Biogas aus dem Vergärungsprozess organischer Substrate (Biomüll, Fäkalien etc.) nach einer Gasreinigung oder Pflanzenöl als Brennstoff verwendet werden.

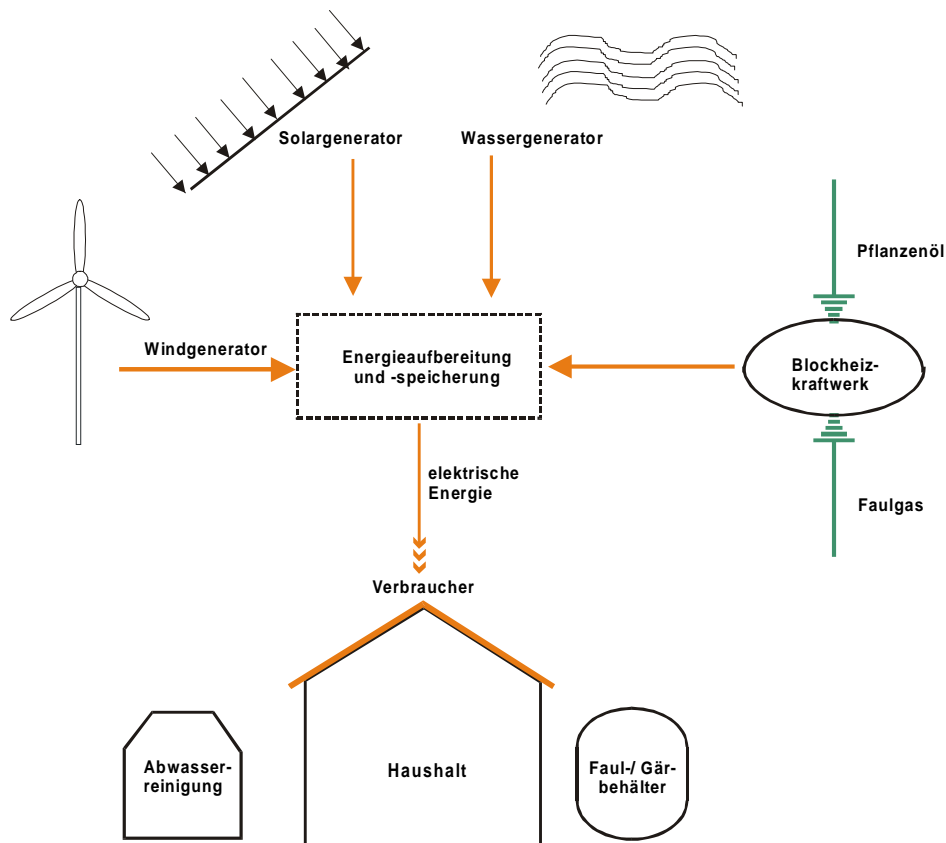


Abb. 1: Energieversorgung mit regenerativen Energien

Für den Zündstrahl der Blockheizkraftwerke wird Diesel verwendet, wobei der energetische Anteil des Diesels ca. 10 % betragen kann. Derzeit werden Forschungen zum Einsatz von Pflanzenöl als Zündstrahl durchgeführt. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Untersuchungen sollten nur noch Motoren installiert werden, die mit Pflanzenöl gezündet werden können. Hierdurch werden die CO₂-Emissionen weiter reduziert und eine potentielle vorhandene Umweltgefährdung durch den Transport von Diesel ausgeschlossen.

Abb. 2 zeigt ein Energieflussdiagramm als Beispiel für ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit zusätzlichem Spitzenlastkessel.

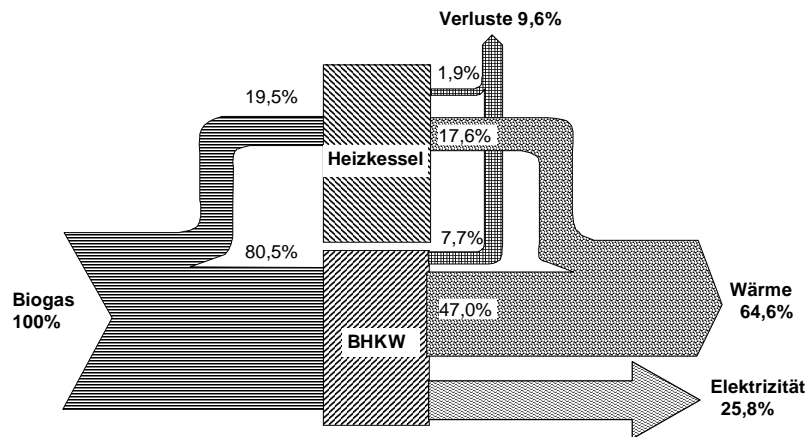


Abb. 2: Energiebilanz eines BHKW mit Spitzenlastkessel

3.2 Wasserversorgung

Die Trink- und Brauchwasserversorgung erfolgt bei dezentralen Verbrauchern je nach Lage über eine Trinkwasserleitung vom öffentlichen Wasserversorger, aus Brunnen oder Quellen, aus Regenwasser oder Oberflächenwasser.

Wasser ist eine Ressource, bei der ein großes Einspar- und Verminderungspotential besteht. Für die Brauchwasserversorgung für z. B. Reinigungs- und/oder Bewässerungszwecke sollte möglichst keine Trinkwasserqualität eingesetzt werden.

Nachfolgend wird nur die dezentrale Wasserversorgung behandelt, da sich diese besonders bei Berghütten schwierig gestalten kann.

3.2.1 Wasserförderung

Wird der Trinkwasserbedarf aus Brunnen gedeckt, muss das bereitzustellende Wasser über Pumpen zu den Verbrauchern gefördert werden. Da diese Pumpen einen gleichbleibenden niedrigen Energiebedarf aufweisen, kann die erforderliche Energie über regenerative Energiequellen bereitgestellt werden. Die Pumpen werden nach Förderhöhe und Fördermenge dimensioniert und die Energieversorgung entsprechend dem Bedarf ausgewählt.

Als Energiequelle für Brunnenpumpensysteme kann z. B. sowohl Wind- als auch Sonnenenergie genutzt werden. Abb. 3 zeigt schematisch zwei Brunnenpumpensysteme für diese Anwendung.

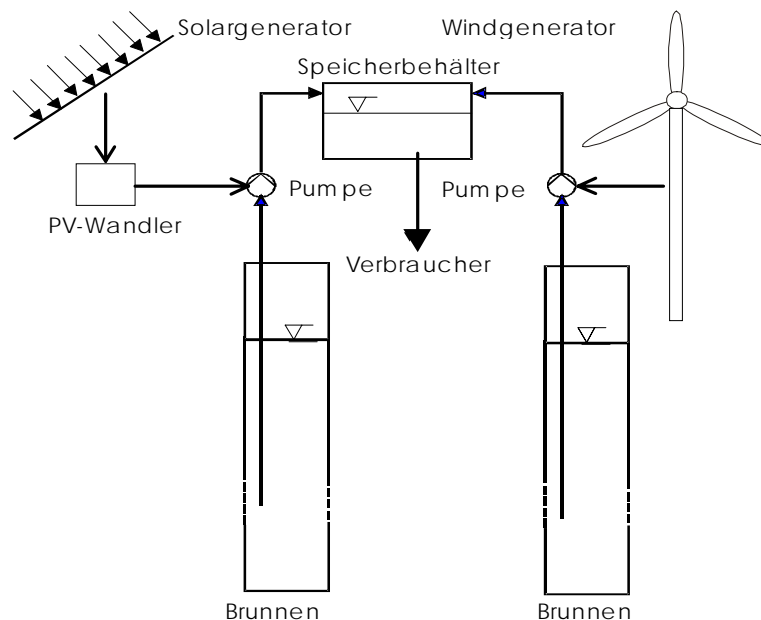


Abb. 3: Brunnenpumpsysteme mit Energieversorgung durch Windrad u. Photovoltaikzellen

3.2.2 Regenwassernutzung

Durch eine konsequente Regenwassernutzung wird eine Entlastung des Wasserhaushalts, die Schonung der wertvollen Wasserressourcen und geringere Energiekosten für die Trinkwasseraufbereitung und ggf. den Transport von Trinkwasser erreicht.

Obwohl Mitteleuropa gehört zu den wasserreichen Regionen der Erde gehört, können regionale Wasserbilanzen jedoch erheblich differieren. So existieren sowohl Wassermangelgebiete, als auch Gebiete in denen aufgrund eines hohen Versiegelungsgrades fallende Grundwasserstände festgestellt werden. Daher stellt sowohl ein sparsamer Gebrauch von Trinkwasser als auch die Nutzung von Regenwasser eine wirksame Strategie zur Entlastung des Wasserhaushalts dar.

Bei der Verwendung von Regenwasser zur Toilettenspülung, Außenanlagenbewässerung und zum Wäschewaschen und ggf. nach Entkeimung als Trinkwasser können ca. 33 % (bei Nutzung als Trinkwasser sogar bis zu 100 %) des täglichen Trinkwasserbedarfes eingespart werden.

Aus ökologischer Sicht ist es sinnvoll, Regenwasser möglichst nahe an seinem Entstehungsort zu speichern, zu gebrauchen und bei Nichtgebrauch zu versickern (siehe Abb.

Niederschlagswasser ist außerdem aufgrund seines geringen Härtegrades ein schonendes Waschwasser, das deutlich geringere Mengen an Waschmittel erfordert, was zu einer Entlastung des Abwassers beiträgt.



3.2.3 Wasseraufbereitung

Nachfolgend werden aus den verschiedenen Aufbereitungstechnologien nur die Filtration als ein besonders einfaches Verfahren mit niedrigem spezifischen Energieverbrauch



und die Wasseraufbereitung mittels Membranen als besonders effizient und vielfältig nutzbare Technologie vorgestellt.

3.2.3.1 Wasseraufbereitung über Filtrationsverfahren

Zur Filtration werden Langsam- und Schnellfilter verwendet, wobei Langsamfilter (5 – 20 cm/h) physikalisch, chemisch und biologisch wirken. Der Filtereffekt findet hauptsächlich in der obersten Schicht statt und wird bei Verbrauch (Erhöhung des Filterwiderstandes) durch Abschälen wieder hergestellt. Als Filtermaterial dient in der Regel Sand.

Schnellfilter (4 – 7 m/h bei offenen, 10 – 20 m/h bei geschlossenen Filtern) sind rückspülbar und wirken als Raumfilter. Als Filtermaterial dient je nach Aufbereitungszweck z. B. Quarzsand, Anthrazit, Aktivkohle. Für spezielle Aufgaben werden Filtermaterialien benutzt, die mit den Inhaltsstoffen im Wasser reagieren.

Diese Filtrationsverfahren weisen einen relativ geringen spezifischen Energieverbrauch auf. Neben der Beschickung z. B. mittels einer Pumpe benötigen Langsamfilter für das Abschälen der verbrauchten Filterschicht (wenn automatisch) und Schnellfilter für die Rückspülung Energie. Diese kann über regenerative Energiequellen bereitgestellt werden.

3.2.3.2 Wasseraufbereitung über Membranverfahren

Das Membranverfahren ermöglicht die Entfernung ganz unterschiedlicher Inhaltsstoffe. Mit Hilfe von Membranverfahren können Wasseraufbereitungsmaßnahmen wie Entkeimung, Entfernung von Farbstoffen, Enthärtung, Entsalzung etc. durchgeführt werden. Nachteilig an diesem Verfahren ist ein relativ hoher spezifischer Energieverbrauch, der aber auch über regenerative Energiequellen bereitgestellt werden kann.

Je nach Wasseraufbereitungsmaßnahme und Partikelgröße der zu entfernenden Stoffe werden verschiedene Verfahren Mikro-, Ultra- oder Nanofiltration, Elektrodialyse und Umkehrosmose eingesetzt:



Abb. 5 zeigt das Schema einer Membrananlage mit regenerativer Energiequelle:

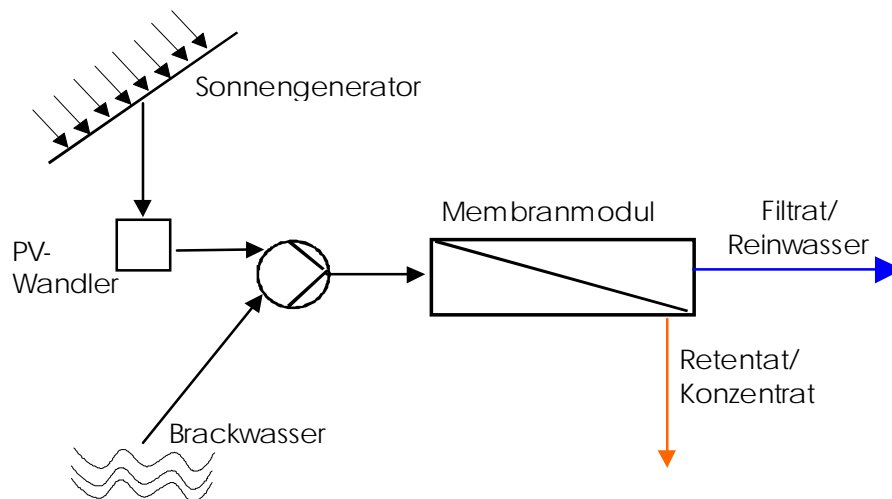


Abb. 5: Wasseraufbereitungsanlage

In klimatisch sehr heißen Ländern wird z. B. auch die Verdampfung zur Süßwassergewinnung eingesetzt.

3.2.3.3 Wasseraufbereitung Entkeimung

Um ggf. vorhandene pathogene Keime abzutöten, muss das Trinkwasser entkeimt werden. Hier bietet sich die UV-Desinfektion und eventuell die Kombination von UV-H₂O₂ Systemen an.

Die Anwendung von UV-Lampen zur Trinkwasserdesinfektion ist ein seit langem erprobtes Verfahren. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass zur Keimzahlverringerung keine chemischen Stoffe ins Wasser gebracht und keine chemischen Reaktionen initiiert werden. Nachteilig ist, dass die Entkeimung keine Depotwirkung aufweist, d. h. bei längeren Standzeiten (z. B. 24 Stunden) kann eine Wiederverkeimung auftreten.

Die UV-Entkeimung kann aufgrund eines relativ niedrigen Energiebedarfs problemlos mit z. B. einer Photovoltaikanlage zur Energieversorgung kombiniert werden.



Wird zusätzlich zur UV-Bestrahlung H_2O_2 in das Wasser dosiert, können viele organische Verunreinigungen im Wasser eliminiert werden.

3.3 Abwasserreinigung

Für einzelne Gehöfte, kleinere Ansiedlungen, Berghütten etc. werden sich aufgrund der Anzahl der angeschlossenen Einwohnerwerte und der Lage Kleinkläranlagen für die Abwasserreinigung eingesetzt.

Bei einer dauerhaften dezentralen Abwasserbeseitigung ist zu berücksichtigen, dass das Abwasser in einen geeigneten Vorfluter eingeleitet oder nach Prüfung im Einzelfall unbedenklich versickert werden kann. Kleinkläranlagen darf nur das Schmutzwasser nicht jedoch das Niederschlagswasser zugeleitet werden. Es sind nur Anlagen einzusetzen, die in der Lage sind, die Anforderungen zur Minimierung der Schadstofffrachten zu erfüllen (in Deutschland entsprechend § 7a WHG), d. h. die Kleinkläranlage muss mit einer biologischen Behandlungsstufe ausgestattet sein.

Als biologische Stufe können eingesetzt werden:

- Verfahren mit technischer Abwasserbelüftung: Belebungsanlagen (DIN 4261, Teil 2) oder Tauch- und Tropfkörperanlagen (DIN 4261, Teil 2)
- Naturnahe Verfahren: Pflanzenkläranlagen, zweischichtige Sandfiltergräben, Sandfilterschächte und Bodenkörperfilter

Welches Verfahren hierbei eingesetzt wird, hängt von den jeweiligen topographischen, geographischen und klimatischen Randbedingungen und von der Art des zu reinigenden Abwassers ab.

Folgende Komponenten der Abwasserreinigung sollten in jedem Fall eingesetzt werden:

- Grobstoffabscheidung
- Ausgleichstank
- Biologische Reinigung bei Verfahren mit technischer Belüftung einschließlich Schlammabscheidung und Schlammrückführung



Tauchkörperanlage

Nachfolgend wird das Verfahren mittels Tauchkörper dargestellt (siehe Abb. 6 und 7).

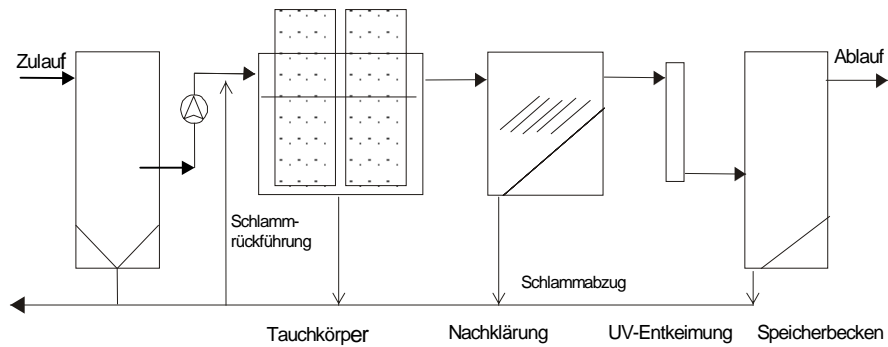


Abb. 6: Verfahrensskizze Tauchkörperanlage

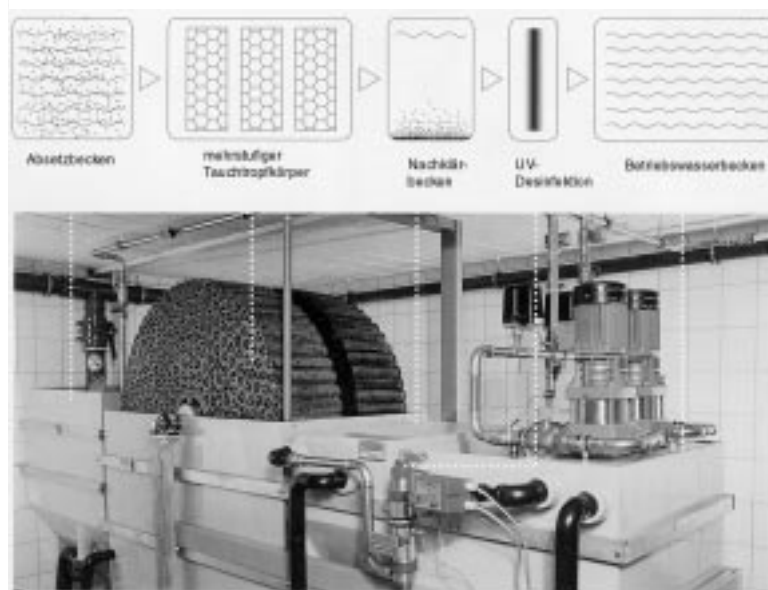


Abb. 7: Tauchkörperanlage (Versuchspark Hannover - Hägewiesen) [9]



Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine kostengünstige, platzsparende, leicht zu steuernde und auch in Extremlagen einsetzbare Technik mit geringem spezifischen Energieverbrauch, so dass für die Energieversorgung regenerative Energiequellen mit nur geringem Aufwand einzusetzen sind.

Bei einer Tauchkörperanlage sind PE- oder PP-Scheiben auf einer Welle angeordnet, die mittels eines Motors angetrieben und zu ca. 1/3 im zu reinigenden Abwasser eingetaucht ist. Durch die Drehbewegung werden die sich auf den Scheiben ansiedelnden Mikroorganismen in der Tauchphase mit Nährstoffen versorgt und können während der Luftphase Sauerstoff aufnehmen.

Im Anschluss an die Welle wird das Abwasser über eine Schlammabscheidung z. B. Lamellenseparator geklärt. Das so gereinigte Abwasser sollte möglichst wiederverwendet werden z. B. für Bewässerungszwecke, ist dies nicht möglich, kann es bedenkenlos abgeleitet oder versickert werden.

Das Tauchkörperverfahren gewährleistet außerdem bei entsprechender Ausführung eine weitgehende Nährstoffelimination mit Kohlenstoffabbau, Nitrifikation und Denitrifikation.

3.4 Organische Abfallbehandlung

Für den vorliegenden Beitrag wird nur die Abfallbehandlung für den organischen Abfall betrachtet, da diese für die Energie- und Wärmeversorgung genutzt werden kann. Organischer Abfall fällt als Biomüll, menschliche Exkremente an.

Bisher wird Biomüll bestenfalls kompostiert und z. B. zur Wiederbegrünung verwendet. Der Überschussschlamm aus der Abwasserreinigung wird bei kleinen dezentralen Kläranlagen meist simultan stabilisiert und anschließend in der Landwirtschaft verwertet. Bei diesen Verfahren wird Kohlenstoff zwar umgesetzt, aber kein Gewinn daraus gezogen.

Um den Kohlenstoff im organischen Abfall zu nutzen, vergärt man anaerob, d. h. unter Luftausschluss, den Biomüll, den Überschussschlamm und, um die Vergärung wirtschaftlich zu betreiben, weitere organische Substrate wie Fäkalien, Urin, Küchenabwasser einschließlich Fett und Sieb-/Rechenrückstände aus der Abwasserreinigung (nur organische Bestandteile) miteinander.

Das beim Vergärungsprozess entstehende und gewonnene Faul- bzw. Biogas besteht zu 60 bis 70 % aus Methan und kann damit beispielsweise in einem Blockheizkraftwerk zur Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung genutzt werden, wobei ein Teil der anfallenden Wärme zur Erhaltung des Vergärungsprozesses benötigt wird.

Der ausgefaulte Schlamm kann anschließend einer Kompostierung in Form von Nachrotte unterzogen und z. B. als Dünger oder zur Wiederbegrünung verwendet werden.



In Abb. 8 ist ein Verfahrensschema als Beispiel für die anaerobe Vergärung von verschiedenen Substraten dargestellt.

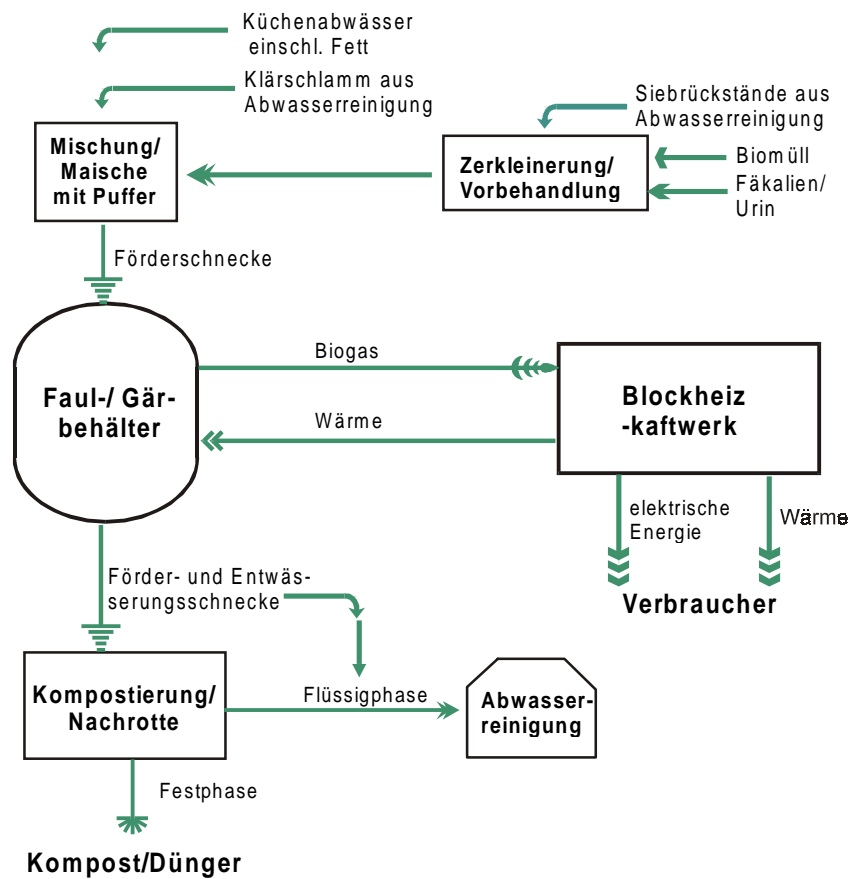


Abb. 8: Anaerobe Vergärung



4 Beispiel für ein energieautarkes Ver- und Entsorgungskonzept

Wassersparende und energieerzeugende Konzepte sind z. B. Trockentoiletten mit anschließenden anaeroben Vergärungs- und abschließendem Kompostierungsverfahren in Kombination mit einer Restabwasserreinigung.

Ein mögliches Gesamtkonzept hierzu ist die energieerzeugende und wassersparende anaerobe Vergärung von Fäkalien, Urin, Biomüll, Küchenabwässern und Überschussschlamm aus der Abwasserreinigung in Kombination mit einer Restabwasserbehandlung der Abwässer aus Waschbecken, Duschen, Badewannen und Waschmaschinen und der Flüssigphase aus der anaeroben Vergärung, die über einen Pufferbehälter dosiert zugegeben wird. Das gereinigte Abwasser kann zudem für Bewässerungs- und/oder Reinigungszwecke wieder verwendet werden.

Die aus dem anfallenden Biogas in einem Blockheizkraftwerk erzeugte Wärme und Energie kann für den Betrieb der Vergärung bzw. der Restabwasserreinigung genutzt und der Überschuss an den Verbraucher (Haushalte, Berghütten etc.) abgegeben werden. Der Restbedarf an Wärme und Energie (in den Haushalten, Berghütten) wird z. B. über eine die Sonnenenergie nutzende Anlage abgedeckt, die auch die Energieversorgung der Förderung und Entkeimung von Quellen und/oder Niederschlagswasser für die Trink- und Brauchwasserbereitstellung sichern kann.

Folgende Vorteile weist ein solches Ver- und Entsorgungskonzeptes auf:

- Emissionsfreie Stromerzeugung durch Photovoltaik, Wind- und/oder Wasserkraft
- Emissionsfreie Wärmegewinnung durch Sonnenkollektoren (Wasser- oder Luftkollektoren)
- Faulgasgewinnung (Brennstoff)
- Hohe Brennstoffausnutzung durch Kraft-Wärme-Kopplung mit Blockheizkraftwerk
- Wassereinsparung durch die Verwendung von Trockentoiletten
- nur Restabwasserreinigung und dadurch ein sehr sauberes Abwasser
- Verringerung der Müllmenge durch Vergärung des biologischen Anteils
- Einsparung von Dieselöl
- Keine Ruß- und Geruchsemissionen
- Einfache und dadurch leicht zu bedienende und zu wartende Anlagentechnik



Beispiel Berghütte

Setzt man dieses Konzept mit anaerober Vergärung und Restabwasserreinigung in einer ganzjährig betriebenen Berghütte mit ca. 20.000 Übernachtungen pro Jahr (entsprechend 55 Einwohnerwerte) und einem Energiebedarf von ca. 180.000 kWh/a um, sind folgende Komponenten nötig:

- Photovoltaikgenerator mit 100 m^2
- Thermisches Kollektorfeld mit 64 m^2 , i.M. 100 kWh/d
- Faulbehälter mit ca. 8 m^3
- Gasspeicher
- Kraft-Wärme-Kopplung/Blockheizkraftwerk
- Restabwasserreinigung
- ggf. Propangasspeicher als Sicherheitsreserve

In Tabelle 1 werden die einzelnen Komponenten der Energiebereitstellung mit Energieverwendung, Energieangebot und aufsummiertem Gesamtenergieverbrauch dargestellt.

In Abb. 10 ist das gesamte Ver- und Entsorgungskonzept für die ganzjährig betriebene Berghütte schematisch dargestellt.

**Tabelle 1: Energiebedarf und Bereitstellung einer autark versorgten Berghütte**

Energiebereitstellung über	Energienutzung für	Bedarf/Jahr	Angebot Jahr
Faulgas Solargenerator	Elektrizität (Licht, Küchengeräte, Pumpen, Entkeimung etc.)	~ 27.000 kWh ~ 12.000 kWh	39.000 kWh
Faulgas Thermischer Kollektor	Faulprozess Warmwasser/ Heizung	~ 16.000 kWh ~ 28.000 kWh < 36.000 kWh	90.000 kWh
Holz bei Bedarf	Heizung	~ 9.000 kWh	9.000 kWh
Faulgas Propangas als Reserve	Kochen, Licht	~ 12.000 kWh	12.000 kWh
Summe			150.000 kWh

Ergebnis: Durch die Nutzung von Faulgases und den Einsatz von Solarzellen und Sonnenkollektoren werden von ca. 7.500 l Heizöl eingespart.

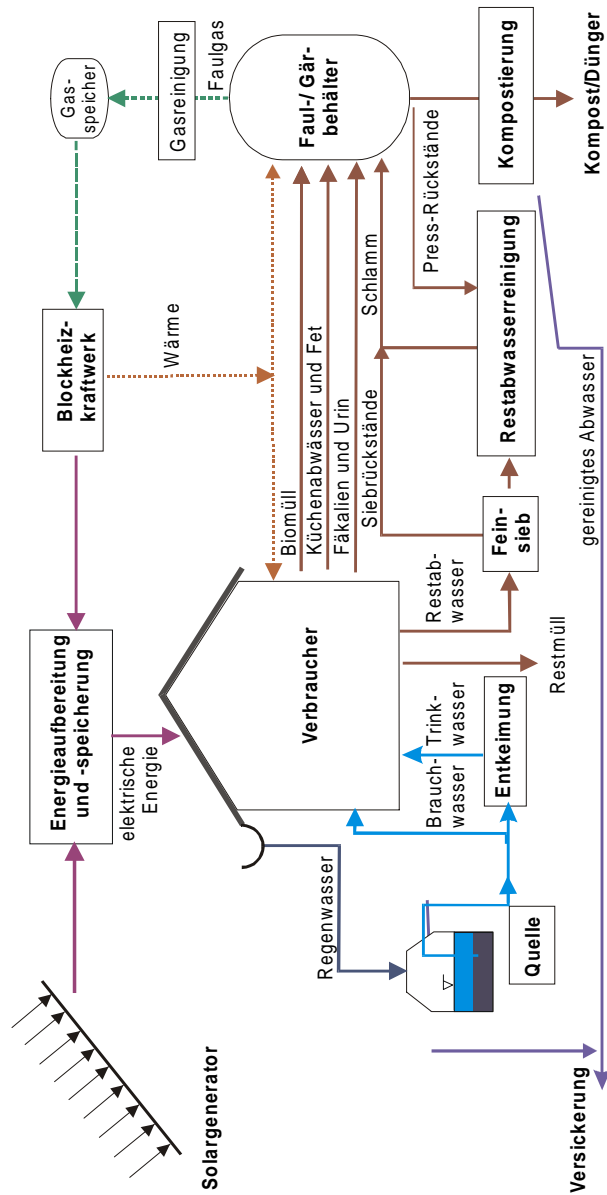


Abbildung 9: Energieautarkes Ver- und Entsorgungskonzept für eine ganzjährig betriebene Berghütte



5 Literatur

- [1] Schäfer, J. (1998): „Verfahrenstechnische Untersuchungen zur Vergärung von Biomüll und Klärschlamm“, Berichte aus Forschung und Entwicklung Nr. 12, Fraunhofer IRB-Verlag
- [2] Scheer, M., Kimmich, S. (1999): „Einführung in das Thema Grauwasser-Recycling“, Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., Schriftenreihe Band 5
- [3] Sommer, J., Maurer, M. (1998): „Applikationsbeispiele einer halbtechnischen Membrananlage“ und „Laboranlage zur Ermittlung verfahrenstechnischer Randbedingungen von Membranprozessen“, Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V., Hanau
- [4] Deltau, G. (1998): „Neue Produkte und Verfahren im Bereich der Betriebswassernutzung“, Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., Schriftenreihe Band 3
- [5] Sommer, J., Maurer, M. (1998): „Laboranlage zur Ermittlung verfahrenstechnischer Randbedingungen von Membranprozessen“, Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V., Hanau
- [6] Maurer, M. (1998): „Gesamtökologisches Konzept für einzelnstehende Häuser am Beispiel von Berghütten (Inselsystem)“, Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V., Hanau
- [7] Lamberth, B. (1998): „Wasseraufbereitung mit regenerativen Energien als Energiequelle“, Institut für Solare Energieversorgungstechnik e.V., Hanau
- [8] Kaltschmitt, M., Reinhardt G. (1997): „Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung“
- [9] Deutschen BauBeCon AG (1996): „Grauwasseranlagen - Versuchspark Hannover, Högewiesen“, Zwischenbericht zum Pilotprojekt, Stadtwerke Hannover AG