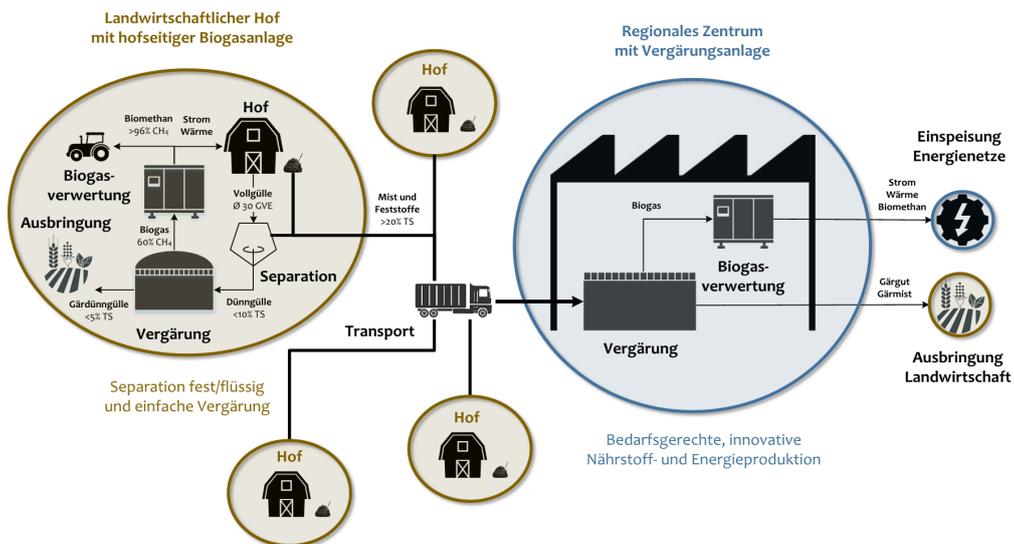




Kurzfassung September 2022

VORPROJEKT NETZ

Nährstoff- und Energietechnik-Zentrum





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Innosuisse – Schweizerische Agentur
für Innovationsförderung



Swiss Competence Center for
Energy Research

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und
Facility Management

ICBT Institut für
Chemie und Biotechnologie

Datum: 09.09.2022 **Ort:** Wädenswil

Auftraggeberin:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Biomasse
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

Der BFE-Anteil an den Gesamtprojektkosten beträgt 70%. Die restlichen 30% werden anteilig von den an diesem Projekt beteiligten Forschungspartnern getragen: Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Ingenieurbüro HERSENER, LAVEBA Genossenschaft, GRegio Energie AG und ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Auftragnehmer/in:

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institut für Chemie und Biotechnologie, Fachgruppe Umweltbiotechnologie
Campus Reidbach, Postfach
CH-8820 Wädenswil
www.zhaw.ch/icbt/umweltbiotech

Autor/in:

Gillianne Bowman, WSL, gillianne.bowman@wsl.ch
Vanessa Burg, WSL, vanessa.burg@wsl.ch
Jean-Louis Hersener, Ingenieurbüro HERSENER, hersener@agrenum.ch
Thomas Keel, LAVEBA, thomas.keel@laveba.ch
Andreas Mehli, G-Regio Energie, info@andreasmechli.ch
Jörg Musiolik, ZHAW, joerg.musiolik@zhaw.ch
Hans-Joachim Nägele, ZHAW, hans-joachim.naegel@zhaw.ch
Florian Rüschi, ZHAW, florian.ruesch@zhaw.ch
Michèle Senn, ZHAW, michele.senn@zhaw.ch
Anton Sentic, ZHAW, anton.sentic@zhaw.ch
Adrian Steiner, Projektentwickler Safiental, adrian.steiner@naturpark-beverin.ch

BFE-Bereichsleitung: Sandra Hermle, sandra.hermle@bfe.admin.ch

BFE-Programmleitung: Sandra Hermle

BFE-Vertragsnummer: SI/502006-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen; Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 58 462 56 11 · Fax +41 58 463 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.bfe.admin.ch



Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	4
1.1	Abstract DE	4
1.2	Abstract FR	4
1.3	Abstract EN	5
2	Einleitung und Problemstellung	6
3	Zielsetzung und Methodik	7
4	Schlussfolgerungen und Handlungsbedarf	8
5	Fazit	15

1 Abstract

1.1 Abstract DE

Mit Hilfe des entwickelten Grundkonzeptes, der Beurteilungskriterien (Potenzial, Ökologie, Nährstoffmanagement, Recht, Politik, Soziales, Technik, Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit) und des Dimensionierungstools können zukünftig für beliebige Regionen die Entscheide für Biogasprojekte besser unterstützt werden. Die Ergebnisse aus den Projektregionen Safiental und Waldkirch zeigen, dass neben den technischen und wirtschaftlichen auch die weiteren Beurteilungskriterien bei der Umsetzung von entscheidender Bedeutung.

Das energetische Potenzial in der auf den Höfen verbleibenden Dünngülle ist in den untersuchten Projektregionen auf einzelbetrieblicher Basis sehr gering. Die dafür notwendigen Anlagentypen sind am Markt derzeit nur in sehr geringem Masse verfügbar und in der Praxis nicht getestet. Die Technik für eine zentrale Biogasanlage hingegen, in welcher der feste Hofdüngerbestandteil verwertet werden kann ist am Markt verfügbar und deren Technik ist ausgereift.

Die Berechnungen zeigen, dass vor allem zum Betrieb der hofseitigen Biogasanlagen in Zukunft bislang nicht berücksichtigte positive Effekte (Co-Benefits) und/oder Systemdienstleistungen der Biogasproduktion aus Hofdüngern mit in die Betrachtungen einfließen müssen. Selbst unter sehr günstigen Annahmen für die Förderung von Biogasanlagen können diese nur knapp einen wirtschaftlichen Betrieb erreichen.

Als zentrale zukünftige Aufgabe kann festgehalten werden, dass es gerade für die Kleinanlagen Demonstrationsprojekte zwingend braucht. Derzeit gibt es keine fundierte Datenbasis zur Verifikation der angenommenen Parameter. Demonstrationsprojekte im Praxismassstab könnten dazu beitragen diese Datenbasis zu generieren und darüber hinaus als Leuchtturm zur Wissensvermittlung zu fungieren.

1.2 Abstract FR

À l'aide du concept de base développé, des critères d'évaluation (potentiel, écologie, gestion des nutriments, droit, politique, social, technique, calibrage et rentabilité) et de l'outil de calibrage, les décisions concernant les projets de biogaz pourront être mieux accompagnées à l'avenir pour n'importe quelle région. Les résultats des régions du projet Safiental et Waldkirch montrent qu'en plus des critères techniques et économiques, les autres critères d'évaluation sont d'une importance décisive pour la réalisation des projets.

Le potentiel énergétique dans le lisier liquide séparé restant dans les fermes est très faible dans les régions étudiées sur une base individuelle. Les types d'installations nécessaires à cet effet ne sont actuellement que très peu disponibles sur le marché et n'ont pas été testés dans la pratique. En revanche, la technique pour une installation centrale de biogaz, dans laquelle les engrais de ferme solides peuvent être valorisés, est disponible sur le marché et sa technique est parfaitement éprouvée.

Les calculs montrent que, surtout pour l'exploitation des installations de biogaz dans les fermes, il faudra à l'avenir intégrer les effets positifs dans les considérations (co-bénéfices) et/ou les services du système de la production de biogaz à partir d'engrais de ferme qui n'ont pas encore été pris en compte. Même avec des hypothèses très favorables pour la promotion des installations de biogaz, celles-ci peuvent tout juste parvenir à une exploitation rentable.



Dans l'avenir, on peut retenir comme tâche centrale qu'il faut impérativement des projets de démonstration, en particulier pour les petites installations. Actuellement, il n'existe pas de base de données solide pour vérifier les paramètres choisis ici. Des projets de démonstration à l'échelle pratique pourraient contribuer à générer cette base de données et, en outre, servir de projet phare pour la transmission des connaissances.

1.3 Abstract EN

With the help of the basic concept developed, the assessment criteria (potential, ecology, nutrient management, law, politics, social issues, technology, dimensioning and economic viability) and the dimensioning tool, decisions for biogas projects can be better supported for any region in the future. The results from the Safiental and Waldkirch project regions show that, in addition to the technical and economic criteria, the other assessment criteria are also of decisive importance for implementation.

The potential for energy in the thin manure remaining on the farms is very low in the project regions studied on an individual farm basis. The necessary plant types are currently only available on the market to a very limited extent and have not been tested in practice. The technology for a central biogas plant, on the other hand, in which the solid manure component can be utilized, is available on the market and its technology is mature.

The calculations show that, especially for the operation of on-farm biogas plants, positive effects (co-benefits) and/or system services of biogas production from farmyard manure that have not been taken into account so far must be included in the considerations in the future. Even under very favorable assumptions for the promotion of biogas plants, they can barely achieve economic operation.

As a central future task, it can be stated that demonstration projects are absolutely necessary, especially for small-scale systems. Currently, there is no well-founded database to verify the chosen parameters. Demonstration projects on a real-life scale could contribute to generating this database and also act as a beacon for knowledge transfer.



2 Einleitung und Problemstellung

Das energetische Potenzial von Hofdüngern und landwirtschaftlichen Reststoffen ist in der Schweiz weitestgehend ungenutzt. Die Vergärung dieser Substrate ist zwar längst technisch machbar und Stand der Technik, landwirtschaftliche Biogasanlagen sind dennoch wenig verbreitet. Die Vergärung von Hofdüngern ist in der Schweiz wirtschaftlich unattraktiv, die installierte Anlagentechnik komplex und kaum standardisiert, die Sicherheitsbestimmungen verhältnismässig hoch, die Organisation und Koordination auf jeder einzelnen Anlage sehr individuell und oft zu wenig strukturiert, der Einfluss privater Kontakte zu gross.

Das ungenutzte Potenzial bedeutet ein erheblicher Verlust an nachhaltiger Energieerzeugung. Damit einher gehen negative Folgen für die Landwirtschaft und die Umwelt. Als Beispiele seien hier Nährstoffverluste sowie Klimagas- und Geruchsemissionen während der Lagerung von Frischgülle und der Ausbringung von Hofdüngern sowie die Belastung der Umwelt durch unnötige und ineffiziente Düngert Transporte genannt.

Die Landwirtschaft in der Schweiz ist kleinteilig. Bislang gibt es keine Technologie, welche das inländische Potenzial landwirtschaftlicher Biomasse trotz Fördermitteln zu derzeitigen Marktpreisen nutzbar macht. Im Vergleich zu anderen Technologien zur Produktion von erneuerbarem Strom ist die Elektrizitätserzeugung mittels landwirtschaftlicher Biogasanlagen vergleichsweise kostenintensiv und von Fördergeldern abhängig, z. B. der Einspeisevergütung (KEV). Gründe dafür sind der tiefe Energiegehalt resp. der hohe Wassergehalt des Hofdüngers verglichen mit biogenen Abfallstoffen und als Folge davon die im Vergleich zu den gewerblich-industriellen Anlagen oft geringere spezifische Biogasproduktionsmenge. Gewerblich-industrielle Anlagen verarbeiten meist grössere Mengen an biologisch abbaubarem Material sowie Abfallstoffe mit höherer Energiedichte. Kleine landwirtschaftliche Biogasanlagen mit grossen Hofdüngeranteilen sind deshalb in der Minderzahl und wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig. Das bestehende Konzept der landwirtschaftlichen Co-Vergärung ist nicht genügend erfolgreich. Es fehlt an organisatorischer Struktur sowie kostengünstiger und standardisierter Technologie. Aus ökologischer Sicht sind für den Umgang mit Hofdüngern eine emissionsärmere Logistik und eine bodenschonende, nachhaltige Düngemittelverwendung anzustreben.

Das Konzept von hofseitigen Kleinstbiogasanlage von Flüssigkeiten vernetzt mit regionalen Feststoffvergärungszentren würde ökologische, energetische und logistische Vorteile mit sich bringen und entscheidend zur Bioökonomie des einzelnen Landwirtschaftsbetriebs und gleichzeitig zur regionalen Wertschöpfung beizutragen. Dieses Konzept entspricht auch exakt dem Zielbild einer klimaneutralen Schweiz 2050 des Bundesamtes für Energie BFE (Tschumi, 2020). Zusätzliche Benefits wären beispielsweise die Reduktion von Gülletransporten, von Schadstoff-, Geruchs und Klimagasemissionen, die Entlastung der Energienetze und -speicher, sowie die nachhaltige Anwendung von Wirtschaftsdüngern durch lokale Schliessung von Nährstoffkreisläufen. Diesen Fakten wird in der Schweiz noch viel zu wenig Beachtung geschenkt.

Die aktuelle Entwicklung landwirtschaftlicher Biogasanlagen in der Schweiz zeigt zwei deutliche, komplementäre Trends. Zum einen sind immer mehr Landwirte gewillt, auch in kleinere Biogasanlagen mit höheren Energiegestehungskosten zu investieren. Ökostromproduzierende Hofdüngeranlagen werden mit einem erheblichen Bonus durch das KEV-Programm unterstützt, wie zum Beispiel mit einem Investitionsbeitrag des Energieförderprogramms des Kantons Thurgau. Ein zweiter Trend geht in Richtung grössere Anlagen, die überregional und in Kooperationsgemeinschaften betrieben werden. Während im Jahr 2015 die durchschnittliche Elektrizitätsproduktion der landwirtschaftlichen Co-Vergärungsanlagen noch bei 1.0 GWh lag, waren es im 2019 bereits durchschnittlich gut 1.4 GWh (BFE, 2020b). Die Zunahme von gewerblich-industriellen Vergärungsanlagen sowie von Klärgasanlagen, die Biomethan ins Erdgasnetz einspeisen, verdeutlicht den Trend der immer stärker verbreiteten regionalen Erzeugung



von biogenen Energieträgern beispielsweise durch Stadtwerke, Energieverbände und Gemeinden. Die Steigerung von 2015 mit 212 GWh Biomethan auf 325 GWh im 2019 ist deutlich.

3 Zielsetzung und Methodik

Das Vorprojekt «NETZ» erarbeitet Strategien und Konzepte zur flächendeckenden Erschliessung des nachhaltigen, energetischen Potenzials von Substraten landwirtschaftlicher Herkunft, insbesondere von Hofdüngern in der Schweiz. Die Grundidee basiert auf einer separaten und effizienten Vergärung von festen und flüssigen Substraten und beinhaltet eine Separation von Vollgülle. Während die Dünngülle hofseitig zukünftig in einer Kleinanlage, welche derzeit nicht am Markt verfügbar ist, vergoren werden soll, werden Feststoffe in einer regionalen, grösseren Vergärungsanlage verarbeitet. Dadurch verringern sich Energieverluste und Emissionen. Das lokal produzierte Biogas wird zur Deckung des Eigenbedarfs an Wärme, Elektrizität und/oder Kraftstoff verwendet, der regional produzierte Energieträger in Energienetze eingespeist.

Die anaerobe Vergärung ist eine wichtige Systembrücke zwischen Substraten landwirtschaftlicher Herkunft, biogenen Abfallstoffen und Energie- bzw. Nährstoffkreisläufen. Um den effizienten und zweckmässigen Einsatz der flächendeckenden, anaeroben Vergärung von Hofdüngern und Substraten landwirtschaftlicher Herkunft zu gewährleisten, muss zuerst im Detail untersucht werden, inwiefern eine hofseitige Eigenproduktion mittels landwirtschaftlichen Kleinbiogasanlagen sinnvoll ist und wann eine substratbezogene Kooperation mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe zur lokalen Energieproduktion unter welchen marktwirtschaftlichen Bedingungen durchführbar ist.

Das Projekt «NETZ» nimmt die positiven Entwicklungstrends der neuen erneuerbaren Energieproduktion in einem gemeinsamen Konzept auf und präsentiert eine technisch, ökologisch, sozial sowie ökonomisch vorteilhafte Lösung, wie das nachhaltige Potenzial von Substraten landwirtschaftlicher Herkunft in Zukunft flächendeckend zur erneuerbaren Energieproduktion genutzt werden kann. Es vereint die Vorzüge der lokalen, hofseitigen Biogasproduktion und nutzt die Möglichkeiten der überbetrieblichen, regionalen Energieerzeugung aus Biomasse.

In der Schweiz wurde 2017 rund 1.44 PJ Bruttoenergie aus landwirtschaftlichen Co-Vergärungsanlagen erzeugt (BFE, 2019). Der Anteil dieser Technologie an der Inlandproduktion der «übrigen erneuerbaren Energien» in der Schweiz (exkl. Wasserkraft) beträgt heute lediglich ca. 4 %. Im Vergleich zur Energieproduktion aus Abfallstoffen (Co-Substraten) ist dabei der genutzte energetische Anteil aus den landwirtschaftlichen Substraten marginal. Das theoretisch zusätzlich nutzbare Potenzial alleine aus Hofdüngern liegt gemäss Thees et al. (2017) bei knapp 50 PJ/a Primärenergie. Das nutzbare Biomethanpotenzial von Hofdüngern macht davon rund ein Drittel, also 15.5 PJ/a aus. Wenn das zusätzlich ausgewiesene, nachhaltige Biomethanpotenzial von ca. 1 PJ/a aus Nebenprodukten des landwirtschaftlichen Pflanzenbaus ebenfalls verwertet würden, liesse sich die momentane Energieproduktion in landwirtschaftlichen Biogasanlagen alleine mit der Verwertung landwirtschaftlicher Substrate um das Vierzehnfache auf rund 18 PJ/a steigern. Die Erschliessung des energetischen Potenzials von Hofdüngern und Substraten landwirtschaftlicher Herkunft könnte somit einen relevanten Beitrag zum Ausbau der neuen erneuerbaren Energien in der Schweiz darstellen. Bereits mit konventionellen Gasmotoren-Blockheizkraftwerken könnten damit jährlich fast 2 TWh Ökostrom produziert werden. Bei einem jährlichen Pro-Kopf-Stromverbrauch von etwa 6.5 MWh entspricht dies dem Verbrauch von 300'000 Personen.

Das ambitionierte Projektziel «NETZ» ist die Erarbeitung und Demonstration eines Konzepts, welches die energetische Nutzung von mindestens 60 % des noch nutzbaren, nachhaltigen Hofdüngerpotenzials in der Schweiz und in strukturell ähnlichen Regionen und Ländern ermöglicht. Dies soll hofseitig ohne



Beimischung von industriellen Abfallstoffen (Co-Substraten) geschehen und auf der Ebene der regionalen Vergärungsanlage zumindest wirtschaftlich davon unabhängig sein.

Bei gut 1.3 Mio. GVE an Nutztieren in der Schweiz (BLW, 2020b) bleibt nach dem Abzug von ca. 12 % Weidegang und maximal 6 % bereits genutztem, nachhaltigem Hofdüngerpotenzial (Thees et al., 2017) ein noch nutzbares, nachhaltiges Potenzial von knapp 1.1 Mio. Düngergrossvieheinheiten (DGVE). Dies entspricht beispielsweise einer Anzahl von rund 20'000 hofseitigen Kleinbiogasanlagen mit durchschnittlich je 30 DGVE separierter Dünngülle. 60 % davon wären also 12'000 hofseitige Kleinbiogasanlagen. Würde zudem jede der über 2'200 politischen Gemeinden in der Schweiz (Stand 1.1.2020) eine regionale Vergärungsanlage betreiben, stünden bei angenommenen 300 DGVE (20 Höfe mit je 30 DGVE und jeweils 50 % der Energie im festen oder flüssigen Teil) je Gemeinde separierte Hofdüngergestoffe zur Verfügung. Realisieren also 60 % der Gemeinden ein «NETZ», könnten gut 1'300 regionale Vergärungsanlagen mit durchschnittlich je ca. 20 hofseitigen Kleinbiogasanlagen entstehen.

Das Resultat des Vorprojekts NETZ ermöglicht eine individuelle, massgeschneiderte Lösung für jede beliebige schweizerische Region und erlaubt auch eine internationale Umsetzung. Das Projekt fördert und fordert die ökologische und energetische Wertschöpfung aus Hofdüngern und aus landwirtschaftlichen Reststoffen, eine effiziente und gewinnbringende Zusammenarbeit von Landwirtschaftsbetrieben und Gemeinden sowie eine nachhaltige, lokale Nährstoffbewirtschaftung von Wirtschaftsdüngern.

In einem ersten Schritt wurden dazu vom Projektteam allgemein gültige Beurteilungskriterien entwickelt und evaluiert. Diese berücksichtigen die Teilbereiche Potenzial, Ökologie, Nährstoffmanagement, Recht, Politik, Soziales, Technik, Dimensionierung und Wirtschaftlichkeit. In einem weiteren Schritt wurden diese Beurteilungskriterien in den Projektregionen Waldkirch und Safiental angewandt, um zu prüfen, ob die NETZ-Idee implementiert werden kann und welche Anlagengrössen realisiert werden können.

4 Schlussfolgerungen und Handlungsbedarf

Während der Laufzeit des Vorprojekts NETZ wurde noch kein Anlagenkonzept umgesetzt. Aus diesem Grund kann zum Projektabschluss nicht fundiert festgehalten werden, dass dadurch landwirtschaftliche Kooperationsformen und funktionierende Betreibermodelle tatsächlich gefördert werden. In Gesprächen in den Modellregionen mit Projektentwicklern und Landwirten hat sich gezeigt, dass generell Kooperationsbereitschaft und ein hohes Interesse an der Nutzung von Biomasse mittels Biogaserzeugung besteht.

Die theoretische Betrachtung und Gespräche mit Akteuren hat gezeigt, dass durch den Einsatz von effizienten und standardisierten NETZ-Technologien geruchs- und klimarelevante Emissionen und Bewirtschaftungskosten tief gehalten werden, der Nährstoffeinsatz mittels Wirtschaftsdüngern und die Energieproduktion bedarfsgerecht und nachhaltig umgesetzt werden können. Eine erste Umsetzung der NETZ-Projektidee muss diese positiven Effekte unter realen Bedingungen unbedingt bestätigen.

Die im Grundkonzept festgelegten Parameter können die folgt bewertet werden:

Geografische Festlegung

Die geographische Festlegung über die Gemeindeebene hat sich als sehr guter Zugangspunkt in diesem Vorprojekt erwiesen. Zur Umsetzung des NETZ-Konzeptes dürfen die Gemeindegrenzen nicht als starre Strukturen angesehen werden. In beiden Projektregionen zeigte sich, dass ein NETZ auf Gemeindeebene von den Grössenordnungen her zur Nutzung des verfügbaren Hofdüngerpotenzials ideal



ist. Es bleibt zu prüfen, ob diese geographische Festlegung auch für weitere Regionen in der Schweiz und im Ausland analog gilt.

Definition der Substrate

Die Potenzialerhebung in den Projektregionen zeigte, dass das grösste Potenzial beim Hofdünger liegt. Landwirtschaftliche Nebenprodukte sind dort nur in geringem Masse verfügbar. Dies führt dazu, dass reine Hofdüngeranlagen eine vergleichsweise hohe Vergütung für die erzeugte Energie und/oder zusätzliche Erträge (Co-Benefits) erhalten müssen. Die Option der Co- Vergärung mit Abfallstoffen ist jedoch ebenfalls möglich und würde die Wirtschaftlichkeit verbessern. In beiden Projektregionen konnte ein gewisses, ungenutztes Potenzial an Co-Substraten ermittelt werden.

Festlegung der Verfahren und Prozesse

Die Gespräche in den Regionen zeigte eine generelle Akzeptanz für die Separationstechnik als technisches Bindeglied zwischen den beiden Anlagentypen. Im Rahmen des Vorprojekt konnte nicht demonstriert werden, ob eine zentrale Organisation der Logistik gut frequentiert, kostengünstig und flexibel umgesetzt werden kann. Dies muss in zukünftigen Demonstrationsprojekten verifiziert werden.

Nutzung bestehender Strukturen

In den Projektregionen Waldkirch und Safiental wurde die Nutzung bestehender Strukturen in der Landwirtschaftszone bezüglich den möglichen Anlagenstandorten positiv bewertet. Sofern es Standorte auf Gemeindeebene gibt (z.B. ARA, Kompostierplätze oder bereits bestehende Biogasanlagen) kann es auch dort Synergien für die Regionalanlage geben. Die Recherchen in den Projektregionen zeigten aber, dass eine Standortwahl zum Teil, nicht zuletzt aufgrund der Zonenkonformität, ausserordentlich schwierig ist. Die Strukturen der Landwirtschaftsbetriebe stehen für das Grundkonzept NETZ im peripheren Zentrum, müssen aber bei einer Umsetzung individuell und im Detail geprüft und bewertet werden.

Der Ansatz der Separierung von Hofdünger erlaubt diese energetisch und nährstoffseitig effizienter zu nutzen. Insbesondere separierte Güllefeststoffe und Mist können wirtschaftlicher transportiert werden und erlauben dadurch eine bessere Energieausbeute im Vergleich zur Rohgülle. Auch bei kleinstrukturierter Landwirtschaft kann das vorhandene Potenzial der Feststoffe somit besser erschlossen werden, als dies heute der Fall ist. Dies begünstigt den Bau und Betrieb eines regionalen Nährstoff- und Energietechnikzentrums. Der regionale Anlagentyp ist nach heutigem Stand am Markt technisch verfügbar.

Dass es bis heute nur sehr wenige dieser regionalen Anlagen gibt, hat unter anderem folgende Gründe:

Potenzial

Die Studien der WSL belegen ein hohes, ungenutztes Potenzial in den Regionen. Als Forschungseinrichtung haben sie beispielsweise exklusiven Zugriff auf Daten zur Verwaltung von Hof- und Recyclingdüngerverschiebungen in der Landwirtschaft (HODUFLU) sowie auf Geoinformationssysteme (GIS), welche der Allgemeinheit aus Datenschutzgründen zum Teil nicht zur Verfügung stehen. Somit kann dadurch nur ein Überblick über die Regionen gegeben werden. Die Daten werden auf einzelbetrieblicher Basis für die Dimensionierung benötigt und müssen gesondert erhoben werden. Unsere Forschungsarbeit zeigte, dass es im Detail eine aufwändige Potenzialerfassung in den Regionen braucht, um das individuelle Potenzial auf den Betrieben zu erfassen. Unsere Ansprechpartner in den Projektregionen Waldkirch und Safiental konnten trotz intensivem Austausch in ihren Regionen nur ca. 1/3 bzw. 1/10 des Potenzials erfassen. In der Praxis bedeutet dies, dass die Bereitschaft zur Beteiligung an einem



NETZ nur eingeschränkt vorhanden ist und damit nur ein kleiner Teil des theoretischen Potenzials energetisch genutzt werden kann, falls keine konkreten Anreize oder Vorgaben dafür geschaffen bzw. eingeführt werden.

- **Handlungsbedarf: Um das theoretisch ermittelte Potenzial zu einem hohen Anteil in der Praxis abzurufen, braucht es eine Fachperson, welche über die landwirtschaftliche Struktur und die Abläufe in der Region Bescheid weiss und einen Zugang zu den landwirtschaftlichen Betrieben und Grüngutverarbeitern hat. Dies könnten z.B. Personen aus der landwirtschaftlichen Beratung oder bäuerlichen Organisationen sein. Auf Basis dieser einzelbetrieblichen Informationen kann mit Hilfe des im Rahmen dieses Vorprojekt erstellten Dimensionierungstools ein schneller Überblick über die Potenziale und möglichen Standorte der regionalen Anlagen in der Region gegeben werden.**

Ökologische Einflüsse

In beiden Modellregionen konnten in unseren Studien keine nennenswerten Widerstände oder Hemmnisse bezüglich der ökologischen Einflüsse festgestellt werden. In Gesprächen mit Landwirten und Kommunen wurde offensichtlich, dass die Vorteile der NETZ-Technologie in Bezug auf die Ökologie jedoch zu wenig bekannt sind. Das in den Regionen bestehende Nährstoffmanagement führt zu erheblichen Emissionen aus der Hofdüngerbewirtschaftung. Transport und Geruchsemissionen sind insbesondere in Tourismusregionen ausschlaggebende Argumente.

- **Handlungsbedarf: Die Vorteile der Separierung in Kombination mit dem Bedarf einer geringeren Lagerkapazitäten müssten den Beteiligten (Naturschutz, Anwohner, Betreiber, Entscheidungsträger) besser kommuniziert und demonstriert werden. Es könnten Win-Win-Situationen wie weniger Transporte, weniger Geruch, effizienterer Nährstoffeinsatz, weniger Überdüngung etc. generiert werden.**

Nährstoffmanagement

In den Modellregionen besteht ein historisch gewachsenes Nährstoffmanagement, welches zumeist auf Betriebsbasis umgesetzt wird und die Hofdünger zu wenig effizient einsetzt. Dies hängt einerseits an einer unzureichenden Lagerkapazität und andererseits an der wenig spezifischen Einsatzmöglichkeit der Nährstoffe im Hofdünger. Die betriebliche Ausstattung mit Hofdüngerlagern und Ausbringtechnik führt zu einer verringerten Bereitschaft in ein neues Nährstoffmanagement zu investieren. Durch die Separierung ergibt sich die Möglichkeit einer effizienteren Ausbringung der Gülle im Grünland (Schleppschlauchverteiler) und eine Ausweitung der Einsatzgebiete für Gülle, was eine Substitution von mineralischen Düngemitteln ermöglicht und sehr positive Eigenschaften auf die Ökologie hat. Durch den Bau einer regionalen Anlage erweitert sich die Lagerkapazität und damit stehen die Nährstoffe bedarfsge rechter für den Pflanzen- und Futterbau zur Verfügung.

- **Handlungsbedarf: Oft besteht das Dilemma möglichst bald im Jahr Hofdünger auszubringen, da die oft knappen Lagerkapazitäten zum Engpass führen können. Dieser Nachteil schlägt sich aber in keiner Wirtschaftlichkeitsrechnung nieder, da die unzeitgemässe Ausbringung ohne monetäre Folgen bleibt. Neuanlagen müssten daher zwingend das regionale Nährstoffmanagement unterstützen und entlasten. Die Wirkungsweise von Gärdünngülle muss besser kommuniziert und demonstriert werden.**



Rechtliche Situation

Die rechtliche Situation war in beiden Regionen gegeben. Die regionalen Projektpartner berichten aber, dass bei konkreter Planung der Bewilligungsverfahren folgende Hemmnisse bestehen:

- Aktuelle Zonenpläne können nicht zeitnah revidiert werden und verhindern eine optimale Standortwahl bzw. Bauen ausserhalb der Bauzone ist in den Kantonen der Modellregionen auch auf Landwirtschaftsbetrieben nicht ohne weiteres möglich.
- Die Kenntnisse über die Bewilligungsverfahren (was braucht es alles um solch eine Anlage zu bewilligen?) ist in beiden Modellregionen sehr heterogen. Es besteht Unsicherheit bei den Verantwortlichen und dies führt zu einer starken zeitlichen Verzögerung
- Bei Ausschöpfung aller rechtlicher Möglichkeiten kann das Bewilligungsverfahren 5-10 Jahre hinausgezögert werden was mögliche Investoren und Betreiber abschreckt.
- Der zeitliche Horizont der Fördermöglichkeiten (Gültigkeit) stehen im Gegensatz zu den oft langen Genehmigungsverfahren. Alternative Investitionsmöglichkeiten wie z.B. PV-Anlagen oder Immobilien werden dadurch bevorzugt.

→ **Handlungsbedarf: Schweizweit braucht es zukünftig transparente und einheitliche Genehmigungsverfahren für regionale und hofseitige Biogasanlagen. Die Schaffung einer Stelle, in welcher unabhängige und erfahrene Personen diese Verfahren begleiten ist notwendig. Die Genehmigungsverfahren müssen innerhalb weniger Monate geprüft und entschieden werden. Nur dadurch wird gewährleistet, dass die notwendigen Investitionen auch tatsächlich in diesem Bereich getätigt werden. Wir empfehlen für solche Genehmigungsverfahren die Schaffung von Präzedenzfällen.**

Politische Situation

In den Modellregionen wurde von politischer Seite her eine grundsätzlich positive Einstellung wahrgenommen. Bei den konkreten Planungen zeigt sich jedoch, dass mangels Erfahrung oft langwierige Abklärungen auf verschiedenen Ebenen z.B. Gemeinde oder Kanton zu erfolgen haben. Die Ziele der Energiestrategie 2050 sind in breiter Form in der Praxis nicht angekommen und es bestehen kaum lokale Umsetzungsstrategien.

- **Handlungsbedarf: Die Integration verschiedener erneuerbarer Energien auf kommunaler Stufe muss in konkreten Strategien münden. Wo es Potenzial für Biogas aus Hofdünger gibt, müssen Anreize zu deren Nutzung geschaffen werden, damit von lokaler, politischer Seite eine proaktive Unterstützung erfolgen kann.**
- **Zusätzlich braucht es vermehrte Informationen über die Biogasproduktion (Technik, Prozessbiologie, Sicherheit, Recht, Nährstoffmanagement, etc.) bei den Landwirten. Dies kann über Fachzeitschriften, Fernsehberichte, Soziale Medien, Hochschulen, Bildungszentren oder Tag der offenen Türen kommuniziert werden.**

Soziale Strukturen und Netzwerke

Das soziale Gefüge in den Modellregionen ist ein entscheidender Faktor. Grundsätzlich besteht eine positive Einstellung gegenüber biomassebasierten Energieträgern. Werden die Planungen konkreter, werden die Eigeninteressen z.B. Nachbarschaftsstreitigkeiten höher gewichtet und die Ausführung wird dadurch beeinträchtigt. Es gibt derzeit in der Schweiz keine den Autoren bekannte Beispiele für eine



gelungene Kooperation solcher Netzwerke für unsere NETZ-Idee, wie man es z.B. von Weide- oder Molkereigenossenschaften kennt.

- **Handlungsbedarf: Bestehende Kooperationen müssen erforscht werden, um Konzepte für eine Kooperation im erneuerbaren Energiebereich zu erarbeiten. Neue Konzepte sind umzusetzen und in der Praxis zu demonstrieren und zu verifizieren, wobei verstärkt kollaborative und co-kreative Methoden wie Reallabore / «Living Labs» zum Einsatz kommen könnten.**

Technologie und Technik

Für die regionale NETZ-Anlage können bestehende Anlagenkonzepte (150-500 kW_{el.}) auf dem Markt beschafft und eingesetzt werden. Die angebotenen Vergärverfahren können die vorhandenen Substrate verwerten und sind in den notwendigen Grössenordnungen verfügbar und bewährt.

Für die im NETZ vorgesehenen kleinen, hofseitigen Biogasanlagen (5-50 kW_{el.}) besteht nur ein sehr beschränktes Angebot am Markt, die meist nicht dem Schweizer Standard entsprechen. Bisherige Fördersysteme berücksichtigen Kleinanlagen kaum oder gar nicht. Es bestehen demnach weder Anbieter von standardisierten Systemen noch Erfahrungen im Umgang und mit der Leistungsfähigkeit solcher Kleinanlagen. Technologie und Technik einer kleinen Flüssigvergärungsanlage sind sowohl als Rührkessel-, als auch als Festbett-Reaktoren auf dem internationalen Markt erhältlich und etabliert.

- **Handlungsbedarf: Demonstrationsbedarf besteht vor allem bei kleinen, hofseitigen Biogasanlagen. Es ist notwendig, einfache und robuste Anlagenkonzepte zu entwickeln und im Leuchtturm- bzw. Reallaborsystem zu betreiben und wissenschaftlich zu begleiten. Die im VP NETZ entwickelten Kriterien lassen sich dadurch mit Zahlen und Informationen praktisch belegen. Eine solche Pilotphase dient als Basis für weitere Entwicklung in der Industrie, um den Schweizer Markt der hofseitigen Biogasanlagen zu erschliessen. Dazu braucht es parallel verlässliche Daten, um Finanzierungsmodelle und Umsetzungskonzepte zu entwickeln.**
- **Technische Lösungen müssten im Detail geplant und untersucht werden. Anhand von Demonstrationsanlagen lassen sich innovative Konzepte insbesondere bei der Gasverwertung aufzeigen. So könnten z.B. im Safiental unter den dort spezifischen Bedingungen beispielsweise in Zusammenarbeit mit Tourismus-Netzwerken neue, technische Konzepte zur Biogas-Verwertung in den Bereichen Abwärme (Kälteerzeugung, Treibstoffbereitstellung, Trocknungsverfahren, etc.) eingeführt, getestet und bewertet werden.**

Dimensionierung

Im Rahmen dieses Vorprojekts wurde ein Dimensionierungstool entwickelt mit dessen Hilfe sich die NETZ-Idee basierend auf den einzelbetrieblichen Potenzialen berechnen und darstellen lässt. Es erlaubt eine optimale Kombination aus regionalen und hofseitigen Anlagen aufzuzeigen. Dieses Tool kann mühelos für die Bewertung weiterer Regionen eingesetzt werden.

Die Berechnungen zeigen, dass sich das energetische Potenzial zu nahezu 50-50 zwischen separierten und flüssigen Hofdüngern aufteilt, während etwa 90 % der Masse in der flüssigen Phase verbleibt. Der grösste Anteil der Hofdünger bleibt folglich auf den Landwirtschaftsbetrieben, worin auch ein beachtlicher Teil der Energie und Nährstoffe enthalten sind, welche vor Ort genutzt werden können. Es wurde angenommen, dass die verfügbaren Hofdünger deshalb frisch verwertet werden. Bei Verlusten durch Lagerung reduziert sich das Ertragspotenzial erheblich. Die Dimensionierung ergab, dass bei regionalen



Anlagen marktgängige und auch innovative Konzepte umsetzbar sind. Bei hofseitigen Anlagen wurden die Grösseneinheiten dimensioniert, für die es derzeit in der Schweiz noch keine marktgängige, standardisierte Technologie gibt. Das energetische Potenzial im flüssigen Hofdünger ist bei einzelbetrieblicher Betrachtung in einer optimalen Grössenordnung für die Deckung von Eigenbedarf. Eine Nutzung in bekannten Kraft-Wärme-Koppelungs-Systemen zur Produktion von Strom und Wärmeenergie wird in den wenigsten Fällen zielführend sein. Für die Anlagenkonzepte der hofseitigen Biogasherstellung zur Nutzung der produzierten 10'000-200'000 kWh_{ch} pro Jahr sollen andere Nutzungsvarianten in den Fokus treten:

- Die direkte Verbrennung des Rohbiogases zur Bereitstellung von klimaneutraler Heiz- und Warmwasserenergie sowie zum Kochen. Die analysierten Betriebe in der Region Waldkirch könnten den Bedarf von durchschnittlich 21, in Safental 9 Personen bereitstellen.
- Die Nutzung des Biomethans zu Mobilitätszwecken z.B. für den landwirtschaftlichen Maschinenpark (Traktoren etc.) oder für Personenkraftwagen (PKWs). Die analysierten Betriebe in der Region Waldkirch könnten den Bedarf von durchschnittlich 8, in Safental 3 PKW decken.
- Die biologische oder chemisch-physikalische Methanisierung des Kohlendioxids im Rohbiogas und die Nutzung des so produzierten Biomethans als Erdgasersatz. Mit erneuerbarem Wasserstoff aus Überschussstrom könnte zusätzlich ca. 40% Biomethan produziert werden.

→ **Handlungsbedarf: Die Dimensionierung im VP NETZ beruht auf Annahmen, die für hofseitige Kleinanlagen bislang nicht verifiziert sind. Dies betrifft z.B. die Lagerdauer der Rohgülle und damit die Qualität der Hofdünger oder die Verwertungsmöglichkeiten im kleinen Massstab. Über Demonstrationsanlagen muss eine verlässliche Datengrundlage geschaffen werden, um die Dimensionierung von künftigen, hofseitigen Kleinanlagen zu optimieren. Zudem kann so der Multiplikationseffekt gefördert und unterstützt werden.**

Wirtschaftlichkeit

Regionale Anlagen mit Feststoffen können z.B. auf Basis des Fördersystems Graubünden (60% Investitionszuschuss) wirtschaftlich betrieben werden, sofern das Einzugsgebiet im Radius von 5 Kilometern liegt. Bei diesem Systemansatz wird vorausgesetzt, dass Strom und Wärme komplett genutzt werden können (Trocknung der Feststoffe zur Nutzung als Einstreu). Aufgrund der langen Amortisationszeiten braucht es zwingend zusätzlichen Erträge (Co-Benefits). Diese Co-Benefit werden bislang nicht in das Bezahlssystem integriert, da es weltweit kaum relevante Beispiele dazu gibt.

Die hofseitigen Biogasanlagen können auf Basis des gleichen Fördersystems bei einer Stromvergütung von CHF 0.26 nur mit sehr langen Abschreibungsdauern (30 Jahre) knapp wirtschaftlich betrieben werden. Unsere Gespräche mit potenziellen Betreibern von Kleinanlagen zeigen deutlich, dass nur ein sehr geringes Investitionsrisiko akzeptiert wird, da die Betriebe direkt in ihrer Existenz betroffen wären. Andererseits müsste hier bei einer vertiefteren, wirtschaftlichen Betrachtung, ein anderer Blickwinkel auf die hofseitigen Anlagen geworfen werden: Als Ersatztechnologie zur Bereitstellung von Heizenergie (alternatives Heizsystem) oder zur Substitution von fossilen Kraftstoffen sind keine Ansprüche zur Wirtschaftlichkeit des entsprechenden Heizsystems oder Energieträgers zu stellen. Hier muss in einem nächsten Schritt auf Basis einer Dimensionierung, ein Kostenvergleich einer Biogasheizung mit herkömmlichen Heizsystemen (Öl, Erdgas, Wärmepumpe, Holz etc.) gemacht bzw. für die Mobilität ein Vergleich des Biomethans mit herkömmlichen Kraftstoffen (Benzin, Erdgas, Diesel, Biodiesel, Bioethanol, Elektrizität) erarbeitet werden.



Handlungsbedarf:

- Die Investitionsrisiken müssen für die Betreiber abschätzbar sein – idealerweise werden diese Risiken durch Interessengemeinschaften, Bund, Trägerschaften übernommen.
- Es braucht mehr Erfahrungswerte für Kleinanlagen (Bau von Demonstrationsanlagen), da zur Zeit zu wenig Anlagenkonzepte am Markt vorhanden sind.
- Allenfalls sind die Förderinstrumente dem regionalen Potential anzupassen (bester-schlossenes Potenzial günstiger als schwererreichbares).
- Nutzungskonzepte für die vielfältigen Gasverwertungsoptionen sind zu beschreiben und zu testen (z.B. Biogasheizung, Biogasmobilität).
- Um zusätzliche Erträge zu generieren, müssen die positiven Effekte (Co-Benefits) der Gülleverwertung in Biogasanlagen in einem ersten Schritt adressiert und im Weiteren etabliert werden, um diese zukünftig zu monetarisieren. Diese Co-Benefits (CO₂-Einsparung, Schliessung Düngemittelkreisläufe, Emissionsminderung, lokale Wertschöpfung etc.) werden bislang zwar diskutiert, sie sind aber bislang nicht vollständig bekannt und erfahren derzeit keine Akzeptanz und Umsetzung in der Praxis. Die Integration möglicher Co-Benefits muss zukünftig zwingend erforscht und in die Praxisanwendung integriert werden damit eine Bewusstseinsänderung in der Gesellschaft stattfinden kann.
- In zukünftigen Projekten sollten zusätzlich die Stromgestehungskosten auf Basis integrierter Co-Benefits errechnet werden.



5 Fazit

Die im Vorprojekt NETZ gesteckten Projektziele wurden zu einem grossen Teil erreicht. Auf Basis des entwickelten Grundkonzeptes und der Beurteilungskriterien konnten für die Projektregionen Waldkirch und Safiental Strategien und Konzepte zur Erschliessung des energetischen Potenzials von Substraten landwirtschaftlicher Herkunft, insbesondere von Hofdünger erarbeitet werden.

Mit Hilfe der Beurteilungskriterien und des Dimensionierungstools konnten die Stoffströme und die draus resultierenden Energie- und Nährstoffströme in den Projektregionen basierend auf der Separation der Vollgülle berechnet werden. Erstmals ist es nun möglich verschiedene Regionen hinsichtlich Ihres Potenzials zu beurteilen und daraus Anlagenkonzepte abzuleiten. Es zeigte sich eine Diskrepanz zwischen theoretischem Potenzial und dem durch die Projektentwickler ermittelten Potenzial in den Regionen. In der Praxis ist es demnach schwierig und aufwändig mit allen Landwirten in Verbindung zu treten. In der Projektregion Waldkirch liess sich eine regionale Biogasanlage mit separiertem Feststoff mit derzeit am Markt verfügbarer Technik realisieren wohingegen im kleiner strukturierten Safiental nur eine Kleinanlage mit Vollgülle abgebildet werden konnte. Das energetische Potenzial in der auf den Höfen verbleibenden Dünngülle ist auf einzelbetrieblicher Basis sehr gering. Die dafür notwendigen Anlagentypen sind am Markt derzeit nur in sehr geringem Masse verfügbar und in der Praxis nicht getestet. Eine belastbare Datenbasis für diese Anlagentypen liegt nicht vor. Es zeichnet sich ab, dass zum Betrieb der hofseitigen Biogasanlagen in Zukunft bislang nicht berücksichtigte positive Effekte und/oder Systemdienstleistungen der Biogasproduktion aus Hofdüngern mit in die Betrachtungen einfließen müssen. Neben den technischen und wirtschaftlichen sind auch die weiteren Beurteilungskriterien bei der Umsetzung von entscheidender Bedeutung.

Das ambitionierte Projektziel 60 % des noch nutzbaren, verfügbaren Hofdüngerpotenzials mit Hilfe der NETZ-Idee zu realisieren ist in den gewählten Projektregionen unter den gegebenen Voraussetzungen nicht möglich. Es konnten in Waldkirch 30 % und im Safiental 10 % des theoretischen Potenzials erfasst werden. Um noch mehr Potenzial abzugreifen, braucht es demnach weitaus grössere Anstrengungen, um mit allen Landwirtschaftsbetrieben in Kontakt zu treten und sie von der Idee zu überzeugen und sich zu beteiligen.

Als zentrale zukünftige Aufgabe kann festgehalten werden, dass es gerade für die Kleinanlagen Demonstrationsprojekte zwingend braucht. Derzeit gibt es keine fundierte Datenbasis zur Verifikation der angenommenen Parameter. Demonstrationsprojekte im Praxismassstab könnten dazu beitragen diese Datenbasis zu generieren und darüber hinaus als Leuchtturm zur Wissensvermittlung zu fungieren. Die Projektgruppe empfiehlt die Unterstützung und wissenschaftliche Begleitung solcher Vorhaben in der Praxis.