



# Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

BAND 91 | Ausgabe 1

MAI 2013

AGRARWISSENSCHAFT

FORSCHUNG

—  
PRAXIS



# "Energetische Flurbereinigung": Regenerative Energie für eine nachhaltige regionale Energieversorgung und gesteigerte kommunale Wertschöpfung im Kontext eines Flurbereinigungsverfahrens

Von NICOLE SCHÖNLEBER und ENNO BAHRS, Universität Hohenheim

## 1 Einleitung

Die Gewährleistung einer sicheren und zukunftsfähigen Energieversorgung in Deutschland ist ein zentrales Ziel der Bundesregierung. Aufgrund der Endlichkeit derzeit genutzter fossiler Energieträger sind erneuerbare Energieressourcen von ausschlaggebender Bedeutung für eine zukünftig sichere Energieversorgung. Politische Zielvorgaben auf EU- und nationaler Ebene forcieren daher seit einigen Jahren den verstärkten Ausbau von erneuerbaren Energien (EU: Richtlinie 2009/28/EG, DE: Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2004, 2009, 2011) (6-9). Hohe Energiepotenziale werden neben der Nutzung von Sonne, Wasser und Wind vor allem in der Verwertung von landwirtschaftlicher Biomasse gesehen.

Um eine nachhaltige Energieversorgung gewährleisten zu können und politischen Zielvorgaben gerecht zu werden, werden mittlerweile deutschlandweit insbesondere in Kommunen die Produktion und Nutzung erneuerbarer Energien zunehmend ausgebaut. Inzwischen gibt es einige Gemeinden, die ihren Energiebedarf durch alternative Energiequellen vollständig abdecken und daher als "energieautark" bezeichnet werden können (2).

Mit dem Ziel, zukünftig nachhaltige und regionale Energie zu erzeugen, erwog die Baden-Württembergische Stadt Crailsheim<sup>1)</sup> sowie die mit ihr zusammenarbeitende Flurbereinigungsbehörde im Landkreis Schwäbisch Hall eine partielle Flurbereinigung unter regenerativen Energieaspekten durchzuführen. Das übergeordnete Ziel einer energetischen Flurbereinigung basiert auf dem Gedanken, das Flurbereinigungsgebiet mit regenerativer Energie aus eigener Gemarkungsfläche zu versorgen, die weitere städtebauliche Entwicklung auf diesen Erkenntnissen auszurichten und der Landwirtschaft zukunftsfähige Entwicklungspotenziale zu geben. Dabei stellt die Steigerung der kommunalen Wertschöpfung neben einer nachhaltigen Versorgungssicherung ein weiteres Teilziel dar.

In einem Forschungsvorhaben wurde vor diesem Hintergrund daher am Crailsheimer Stadtteil Jagstheim im Zeitraum 2010 bis 2011 untersucht, ob der Beitrag zum Energiebedarf in den nächsten Jahrzehnten aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden kann ("Energieautarkie") und inwiefern vor diesem Hintergrund das aktuelle Flurbereinigungsvorhaben in der Gemarkung Jagstheim einen gesellschaftlich akzeptierten Beitrag zur Energiegewinnung und -bereitstellung leisten kann.

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf den Bereich Landwirtschaft und die damit verbundenen Bereitstellungsoptionen energetischer Rohstoffe. Dabei werden zunächst allgemeine Anforderungen an eine Flurbereinigung sowie Energiebereitstellung sowie regionsspezifische Untersuchungsergebnisse dargestellt. Darauf aufbauend erfolgt die Ableitung allgemeiner Handlungsempfehlungen für die Ausgestaltung energetischer Flurbereinigungsvorhaben.

## 2 Anforderungen an eine (energieorientierte) Flurbereinigung

### 2.1 Status quo gemäß Flurbereinigungsgesetz

In §§ 1 und 37 des Flurbereinigungsgesetzes (FlurbG) werden die Ziele der Flurbereinigung hervorgehoben. Dazu zählen die Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft, die Förderung der allgemeinen Landeskultur sowie der Landentwicklung. Damit werden die multifunktionalen Raumannsprüche der Gesellschaft dokumentiert (10).

Diese gesetzliche Grundlage basiert auf einer jahrzehntelangen Erfahrung und Entwicklung der Flurbereinigung in Deutschland. Während frühere Flurbereinigungen Mitte des vergangenen Jahrhunderts zunächst der Nahrungsmittelsicherung mit dem Ziel der Steigerung des absoluten Produktionsvolumens dienten, waren nachfolgende Flurbereinigungen durch Produktivitätssteigerungen und der Freisetzung von Arbeitskräften geprägt. Mit der Novellierung gesetzlicher Grundlagen der Flurbereinigung in den 70er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts fanden auch außerlandwirtschaftliche Belange verstärkt eine gesetzliche Verankerung in der Flurbereinigung, bei der zunehmend ökologische Ziele etabliert wurden (vgl. dazu auch 18).

### 2.2 Zukunftsweisende Ansätze für Flurbereinigungsverfahren

Das Anforderungsprofil an Flurbereinigungen entwickelt sich jedoch auch zukünftig weiter. Spätestens seit der jüngsten Preishausse fossiler Energien sowie mit der Diskussion um den Klimawandel und den damit in Zusammenhang gebrachten klimarelevanten Gasen sind alle gesellschaftlichen Schichten dafür sensibilisiert, wie wichtig eine nachhaltige und bei Bedarf ortsnahe Energieproduktion und -versorgung sein kann. Vor diesem Hintergrund wird die zunehmende Bedeutung der Integration nutzbarer regenerativer Energien in die Flurbereinigung deutlich. Dazu zählt insbesondere die Sonnen-, Wind- und Wasserenergie, aber auch Bioenergie für die Strom und Wärmeproduktion.

Die Flurbereinigung würde somit aus land- und forstwirtschaftlicher Perspektive nicht mehr allein auf die nachhaltige Erzeugung von Biomasse für die Lebensmittelproduktion abzielen. Die Integration einer optimierten Nutzung regenerativer Energien in die Flurneuordnung spiegelt somit eine logische, chronologische Weiterentwicklung der Flurbereinigung wider. Damit könnte eine noch höhere betriebswirtschaftliche Effizienz, aber auch eine angemessene und verbesserte ökologische Nutzung sowie eine potenzielle Stärkung der regionalen Netzwerke und damit zusammenhängender Wertschöpfungskraft erreicht werden. Die Erweiterung um die Betrachtung der energetischen Nutzung orientiert sich somit sowohl an private als auch an staatliche Interessen. Letzteres nicht allein aufgrund der Vermeidung negativer Externalitäten oder der Erhöhung von positiven Externalitäten, sondern auch um der Bodenordnung außerhalb agrarischer Interessen noch stärker Rechnung zu tragen. Wohnungsbau- und Gewerbebauvorhaben können stärker in der Planung von Flurneuordnungen implementiert werden, wenn die daraus resultierenden Energiekonsumpotenziale bereits vorab Bestandteil einer agrarisch orientierten Flurneuordnung sind.

### 2.3 Anforderungsprofile von Interessengruppen im Rahmen einer (energetischen) Flurbereinigung

#### Bodeneigentümer

Die wichtigste Anforderung von Bodeneigentümern an eine Flurbereinigung ist die (monetäre) Werterhaltung (oder gar Wertsteigerung) der nach der Flurbereinigung zugewiesenen Flächen im Vergleich zu den eingebrachten Flächen. Die Bodenwertermittlung in der Flurbereinigung wird daher von den Grundstückseigentümern grundsätzlich kritisch verfolgt. Rechtzeitige und ausreichende Informationen bezüglich der Bodenwertermittlung unterstützen den Ablauf der Flächenzuteilung.

Die Berücksichtigung von Bauflächen als Anlagenstandorte für die Gewinnung erneuerbarer Energien ist bei einer energetischen Flurbereinigung von hoher Bedeutung und sollte im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung möglichst früh erfolgen. Um optimale Standorte nutzen zu können, sollten neben möglicher Anlagenarten vor allem Besitzverhältnisse und Einwilligung der betroffenen (zukünftigen) Eigentümer so geplant werden, um einen Ausbau und eine längerfristige Flächennutzung gewährleisten zu können. So kann eine dadurch eventuell bedingte Wertsteigerung dieser Flächen bereits bei der Bodenwertermittlung Beachtung finden.

#### Landbewirtschaftler / Landwirte

Landbewirtschafter stellen die höchsten Anforderungen an ein Flurbereinigungsverfahren, da sie am stärksten davon betroffen sind – unabhängig davon ob sie Eigentums- oder Pachtflächen bewirtschaften. Ungeachtet einer energetischen Ausrichtung der Flurbereinigung haben Landbewirtschafter eine grundlegende Erwartung an die Flurbereinigung: Effizienzsteigerung. Diese kann auf verschiedene Weisen erfolgen. Eine höhere Flächenproduktivität durch vergrößerte Arbeitsflächen und geringere Hof-Feld-Entfernungen führen zu Effizienzsteigerungen und infolgedessen auch der Profitabilität. Des Weiteren ermöglichen ein besser ausgebautes Wege- und Straßennetz sowie die Erschließung von zum Beispiel schwer zugänglichen Flurstücken eine effizientere und nachhaltige Flächenbewirtschaftung. Um die Flächenproduktivität und Arbeitseffizienz insgesamt zu steigern, haben sich im Zuge des technischen Fortschritts in den vergangenen Jahrzehnten auch die Arbeitsbreiten landwirtschaftlicher Maschinen stark vergrößert. Feldwege sind daher inzwischen oftmals zu schmal und zu wenig befestigt.

Die Neuplanung des Wege- und Straßennetzes ist hinsichtlich einer energetischen Flurbereinigung ebenfalls von grundlegender Bedeutung. Neben einer notwendigen Spezifikation möglicher Anlagenstandorte müssen weiterhin Zufahrtsmöglichkeiten zu diesen Standorten in Abhängigkeit der Anlagenart, Betreiberkonstellationen (zum Beispiel Zusammenschluss von Dorfbewohnern oder Landwirten) und Eigentumsverhältnisse geschaffen werden. Speziell im Bereich der Bioenergieerzeugung benötigen die Energiegewinnungsanlagen eine regelmäßige Zufuhr energetische Biomassesubstrate. Dies bedingt im Vergleich zu anderen Anlagen beispielsweise Windkraftträder oder solare Freiflächenanlagen eine spezielle Berücksichtigung bei der Planung der Anlagenstandorte und des zugehörigen Wegenetzes. Eine regelmäßige Zufuhr von energetischer Biomasse bedeutet eine regelmäßige und voraussichtlich häufige Befahrung der Wege unter hohen Transportlasten. Hierfür sind gut ausgebaute, das heißt befestigte und vor allem breite Wege erforderlich. Besonders Standorte für gemeinsame Anlagen – im Besonderen von Biomasseanlagen, die von Landwirten betrieben werden, – bedürfen der Berücksichtigung einer Vielzahl von Aspekten (zum Beispiel welche Landbewirtschafter sind beteiligt, geeignete Flächen für Biomasseproduktion in naher Umgebung, Einspeisemöglichkeiten in das Strom- und Wärmenetz, Distanz zu Wärmesenken, emissionsbedingter Abstand zum Ort) bei der Planung, um optimale Anlagenstandorte und ein optimales Wegenetz definieren zu können.

Die Flächengestaltung bezüglich des Zuschnitts und der Flurstückgröße stellt eine der größten Herausforderungen an die Flurbereinigung an sich dar. Neben der Realisierung großer Flächenstücke sowie der Zuteilung kleinerer Flächen insbesondere an Eigentümer mit geringem Flächenspruch, spielt der Landbedarf für den Ausbau des Wegenetzes, der als Landabzug aufzubringen ist, eine weitere wichtige Rolle für die Landwirte. Oftmals sehen sich die Landbewirtschafter als benachteiligt, da von einem Ausbau des Wegenetzes nicht nur die Landwirtschaft an sich, sondern auch die übrigen Landschaftsnutzer profitieren. Im Zuge einer energetischen Flurbereinigung sollten bei der Zuteilungsplanung, die optimalen Flächengrößen in Bezug auf Anbau- und Ernteverfahren für die Erzeugung möglicher Energiepflanzen berücksichtigt werden.

## **Landschaftsnutzer**

Landschaftsnutzern kann der Anspruch an ein natürlich schönes und unbebautes sowie abwechslungsreiches Landschaftsbild unterstellt werden. Ein abwechslungsreiches Landschaftsbild bedingt unter anderem eine hohe Biodiversität von Flora und Fauna (Artenreichtum in der Pflanzen- und Tierwelt). Weiterhin wird es neben sonstigen natürlich vorkommenden Wald- und Gewässerflächen auch durch unterschiedliche landwirtschaftliche Flächennutzungen geprägt.

Durch die Ausdehnung der Bioenergieerzeugung in den vergangenen Jahren kam es teilweise bereits zu einer Verstärkung des Anbaus von Mono- und holzartigen Dauerkulturen. Eine landwirtschaftliche Flächennutzung in Form von Monokulturen beeinträchtigt das Landschaftsbild. Ferner können sich speziell bei vermehrt angebauten hoch wachsenden Ackerkulturen, wie zum Beispiel Maispflanzen, Miscanthus oder schnell wachsende Holzarten (Weiden / Pappelplantagen), Landschaftsnutzer durch Sicht Einschränkungen gestört fühlen und der Erholungscharakter der freien Natur würde dadurch verlieren. Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung, wie Solarmodule, welche als Freiflächenanlagen installiert werden, oder Windkraftträder können ebenfalls als störend empfunden werden. Die Wahl geeigneter Standorte für die Gewinnung erneuerbarer Energien in einem energetischen Flurbereinigungsprozess macht die Berücksichtigung von Aspekten der Landschaftsnutzer, im Besonderen in Regionen, die auch in wirtschaftlicher Hinsicht durch den Tourismus geprägt sind, unabdingbar.

Der Konflikt zwischen Landschaftsnutzer und Landwirten bezüglich der Nutzung des Wegenetzes ist nicht neu und

kann durch zunehmende Frequentierungen und Nutzung der Wege durch Landwirte, basierend auf einem Ausbau der Bioenergieproduktion, verstärkt werden. Im Zuge einer Neuplanung des Wege- und Gewässerplans sollte darauf geachtet werden, dass eine Minderung solcher Konflikte zum Beispiel durch den Ausbau eines individuellen Wander-/Radwegnetzes – wie es in Jagstheim bereits der Fall ist – Rechnung getragen wird.

## **Kommunen**

Kommunen, die im Beteiligungsverfahren einer Flurbereinigung eingebunden sind, sollten das Thema Energieversorgung auf der Basis regenerativer Energien frühzeitig in den Planungsprozess einbringen. Für geplante Neubaugebiete ist diese Vorgehensweise besonders vorteilhaft. Standorte der Energieproduktion sowie Energienetze könnten von vornherein dafür generiert oder optimiert werden. Wenn die Anlage(n) zur Energiegewinnung über die Kommune finanziert wird (werden), ist es wichtig, die Einwohner von Anfang an über die Planung zu informieren und bei Bedarf auch zu integrieren, um eine möglichst breite Akzeptanz und Unvoreingenommenheit zu gewährleisten. Oftmals werden gerade Windräder und Freiflächenanlagen für die Gewinnung von Solarenergie als störend empfunden. Ein gemeinschaftliches Projekt, bei der sich Bewohner sowohl bei wichtigen Entscheidungen als auch finanziell (im Sinne von Anteilseigner) am Gesamtprojekt beteiligen können, könnte dazu beitragen, Vorurteilen vorzubeugen und Akzeptanz zu erzielen.

## **Energieversorger**

Energieversorger können in zwei Formen auftreten: zum einen als Energieproduzent und zum anderen als Energielieferant oder Netzbetreiber. Somit können unterschiedliche Ansprüche an eine (energetische) Flurbereinigung bestehen. Energieproduzenten sind bestrebt, die gewünschte Energie kostengünstig zu produzieren. Im Fall der Bioenergie unter anderem durch geringere Produktions- und Konversionskosten von Biomasse, die zum Beispiel durch großflächige Strukturen sowie günstige Transportbedingungen im Kontext einer optimierten Standortwahl für die Konversionsanlagen gewährleistet werden könnten. Energielieferanten in Form von Netzbetreibern benötigen einfache Zugangs-/Zufahrtsmöglichkeiten zu Versorgungs- und Verteilerstationen, die bei der Neuplanung des Wegenetzes integriert werden können. Darüber hinaus sollte eine günstige Implementierung eines neuen oder erweiterten Energieverteilernetzes möglich sein.

Ein Ausbau regenerativer Energiegewinnung im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung hat verschiedene Anforderungen an die Flurbereinigung. Topographische Gegebenheiten geben bereits die Möglichkeit zur Nutzung regenerativer Energiequellen wie Wind- und Wasserkraft, Solarenergie und Erdwärme vor und schränken folglich die Wahl geeigneter Standorte im Vorfeld ein. Die Erzeugung von energetischer Biomasse hingegen kann theoretisch nahezu uneingeschränkt auf allen landwirtschaftlichen Produktionsflächen stattfinden. Hier sind Klima- und Bodenbedingungen lediglich für einzelne Bioenergiepflanzen ein wichtiges Entscheidungskriterium für die Standortwahl.

Im Zuge der weiteren Anlagenplanung bedingt die Flächenverfügbarkeit die Wahl des optimalen Standortes. Dies spielt vor allem beim Bau von Biomasseanlagen eine wesentliche Rolle, um einen hohen Effizienzgrad der Energieproduktion erzielen zu können. Entsprechend sollten Einspeise- oder Speichermöglichkeiten für die gewonnene Energie gegeben sein. Insbesondere die Energiebereitstellung in Form von Wärme benötigt ein ausgebautes Nahwärmenetz, das heißt kurze Zufuhr- oder Leitungswege, um Wärmeverluste durch den Transport möglichst gering zu halten. Hierfür sollte grundsätzlich auch die Akzeptanz der Energieabnehmer (Unternehmen, Privathaushalte) gegenüber den gewählten Energiequellen gewährleistet sein. Bei Berücksichtigung und Erfüllung der Anforderungen der jeweiligen Energiequelle an den Standort kann eine günstige und nachhaltige Energieversorgung ermöglicht werden.

## **Sonstige**

Bei einer energetischen Flurbereinigung spielen die Einwohner, Produzenten und Dienstleister des Flurbereinigungsgebietes abseits der zuvor genannten Akteure keine unbedeutende Rolle, vor allem wenn es um einen Ausbau der Wärmeerzeugung aus alternativen Energiequellen geht. Schließlich sind sie letztlich die Energieabnehmer. Die Bereitschaft der Einwohner zur Abnahme von Wärmeenergie aus regenerativen Quellen muss vorab gegeben sein. Darüber hinaus muss eine kontinuierliche und ausreichende Versorgung (vor allem zu Spitzenzeiten) gesichert sein. Wichtig hierfür sind zu Beginn eines solchen Verfahrens ausreichende Informationsbereitstellung und Integration aller Beteiligten.

Verbände können im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung auch Anforderungen an das Verfahren stellen. Speziell bei der Erschließung regenerativer Energiequellen auf Freiflächen erheben Naturschutzverbände grundlegende Ansprüche wie Bewahrung oder Ausbau von Naturschutzgebieten sowie Schonung von Ressourcen. Die Standortwahl für die Installation von Energieanlagen sowie die Nutzung regenerativer Ressourcen sollte in Abstimmung mit Naturschutzziele, zum Beispiel Berücksichtigung von Nist- und Brutplätzen, Förderung der Entfaltung von Biodiversität in Naturräumen sowie Vermeidung von Flächenversiegelungen erfolgen.

Fazit: In einem optimalen Fall sollten durch eine energetische Flurbereinigung keine Beeinträchtigungen für jegliche Interessengruppen entstehen. Im Gegenteil, Ziel sollte sein, durch Berücksichtigung der Anforderungen der Interessengruppen eine "Win-win-Situation" für alle Beteiligten zu schaffen. Wenngleich dieses Ziel vielfach schwer zu realisieren ist, sollte man diesem Ziel möglichst nahe kommen.

### 3 Agrar- und Bioenergiepotenziale im Untersuchungsgebiet

Im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung gilt zunächst zu klären, inwieweit der Ausbau der regionalen Energieversorgung erfolgen soll (Autarkie) und für welche Bereiche (Strom und/oder Wärme). Eine allein bioenergetisch motivierte autarke Versorgung mit Strom und Wärme aus dem Flurbereinigungsgebiet heraus ist oftmals nur schwer realisierbar, ohne die bislang praktizierte Landwirtschaft der Region mit vorwiegender Lebensmittelproduktion in Frage zu stellen. Eine Erweiterung der regionalen Versorgung mit regenerativen Energien im Allgemeinen sowie Bioenergie im Speziellen auch unter dem Gesichtspunkt der Biotreibstoffe<sup>2)</sup> verstärkt die zuvor getroffene Aussage, der gegenwärtig vielfach kaum erreichbaren regional autarken Bioenergieversorgung, ohne die Landwirtschaft mit Ausrichtung auf die Lebensmittelproduktion in Frage zu stellen.

Mit einer vorangestellten Analyse der landwirtschaftlichen und energetischen Produktion zeigen sich die Potenziale für eine regional stärker abgestimmte und zustimmungsfähige Produktion erneuerbarer Energien im Allgemeinen als auch der Bioenergie im Speziellen. Im Folgenden werden die Analyseergebnisse der Untersuchungsergebnisse für den Bereich Bioenergie skizziert, um darauf basierend Handlungsempfehlungen für zukünftige "Energetische" Flurbereinigungsvorhaben abzuleiten.

#### 3.1 Kurzdarstellung der Untersuchungsregion

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Region Hohenlohe-Franken im Landkreis Schwäbisch Hall. Das Flurbereinigungsgebiet (FBG) umfasst insgesamt rund 1.000 Hektar und ist gekennzeichnet durch eine natürliche Unterteilung in ein Ost- und Westgebiet aufgrund eines Flusslaufs (11). Wirtschaftlich ist das Untersuchungsgebiet durch eine intensive landwirtschaftliche Produktion geprägt. Ackerbau findet im Untersuchungsgebiet vorwiegend zur Veredelung in Form von Milch-, Rind- und Schweinefleischproduktion statt. Bioenergie wird im FBG zum Untersuchungszeitpunkt durch zwei Biogasanlagen (BGAs) sowie Holzkleinfeuerungsanlagen erzeugt.

Die landwirtschaftliche Flächennutzung umfasst knapp 80 Prozent der Flurbereinigungsfläche. Bei der Aufteilung der Flächenparzellen dominieren Kleinstrukturen. Die durchschnittliche Flurstückgröße beträgt laut Flurbereinigungsbeschluss aus dem Jahr 2004 etwa 0,4 Hektar (11). Die Bodenqualitäten sind durchschnittlich und rangieren zwischen 30 und 50 Bodenpunkten (24). Im Flurbereinigungsgebiet direkt sind 15 landwirtschaftliche Betriebe angesiedelt, wovon neun Betriebe im Haupterwerb bewirtschaftet werden. Rund 65 Prozent der bewirtschafteten Flächen (LF) sind Pachtflächen.

#### 3.2 Befragung beteiligter Interessengruppen

Ein elementarer Bestandteil der durchgeführten Untersuchung war, Standpunkte beteiligter Interessengruppen zu erfassen<sup>3)</sup>. Von besonderer Bedeutung sind in einem Flurbereinigungsverfahren bei der Analyse von Agrarpotenzialen insbesondere zwei Gruppen: Flächenbewirtschafter und Flächeneigentümer.

Flächenbewirtschafter sind, wenn sie nicht nur Eigentumsflächen bewirtschaften, durch Pachtverträge an Flächeneigentümer gebunden. Generell spielt eine Vorgabe der Bewirtschaftungsweise bei traditionellen Ackerbau- und Grünlandnutzungsformen eine eher untergeordnete Rolle. Diese gewinnt zum Beispiel vor dem Hintergrund möglicher Kultivierung von Dauerkulturen, die auch im Bereich der Bioenergiepflanzenproduktion eine durchaus wirtschaftlich interessante Rolle spielen können, oder im Bereich der Pachtpreisbildung

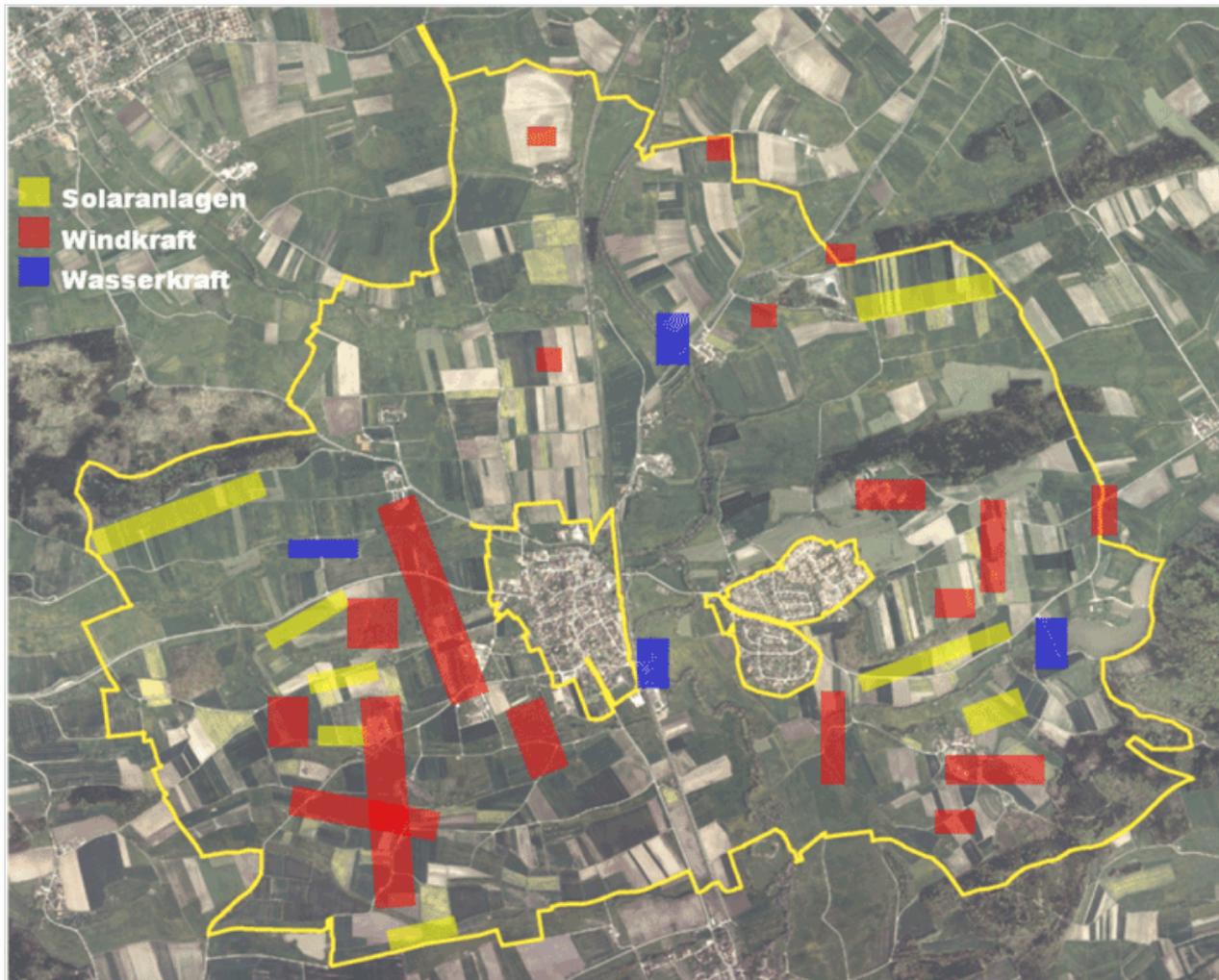
zunehmend an Bedeutung. Auch die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen als Anlagenstandorte zur Gewinnung erneuerbarer Energien (unter anderem Windkraftträder, Solarmodule) bezüglich Flächenverpachtung und Bevölkerungsakzeptanz (1) wird derzeit verstärkt diskutiert.

Grundsätzlich sollte vorab die Bereitschaft der Produktion von erneuerbaren Energien allgemein oder Bioenergie im Speziellen sowohl bei den Flächenbewirtschaftern als auch der Eigentümer ermittelt werden. Sie stellen die Standorte für Energieproduktionsanlagen sowie eventuell für Transportnetze. Darüber hinaus sind sie im Rahmen der Bioenergieproduktion auch für die Substratbereitstellung verantwortlich. Letzteres kann auch von besonderer Bedeutung sein, wenn die Steigerung der regionalen Wertschöpfung als ein weiteres Ziel innerhalb einer energetischen Flurbereinigung angestrebt wird (17).

Im Rahmen der durchgeführten Befragung konnte für die Untersuchungsregion festgestellt werden, dass alle befragten Landwirte eine Form der Bereitschaft (gering bis hoch) zur Erzeugung von erneuerbaren Energien haben. Allerdings zeigte ein geringfügiger Anteil der Landwirte keinerlei Bereitschaft für die Bioenergieproduktion. Neben Vorbehalten gegenüber der Verwendung von Eigentumsflächen als Produktionsstandorte für Bioenergie, gibt es diese auch im Bereich erneuerbarer Energien. Die Installation von Windkraft- und/oder Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Produktionsflächen standen rund 30 oder 60 Prozent aller Befragten nicht vorbehaltlos gegenüber. Neben dem Verlust wertvoller Flächen sowie der Tier- und Pflanzenvielfalt wurden auch optische und akustische Belästigungen als Kritikpunkte aufgeführt. Im Bereich Energiepflanzenanbau wurden bei den Befragten, die Vorbehalte aufzeigten, Raubbau des Bodens, Vorrang der Nahrungsmittelproduktion als auch Verarmung des Landschaftsbilds und Verlust der Tier- und Pflanzenwelt als Restriktionen genannt.

Gegenüber einzelnen Energiepflanzen bestanden bei einem geringen Anteil der Befragten Vorbehalte bei Mais und Kurzumtriebsplantagen und das, obwohl zum Zeitpunkt der Befragung keinerlei Kurzumtriebsplantagen im Untersuchungsgebiet angebaut wurden. Es wurde auch abgefragt, ob und welche ökologischen Veränderungen (Vor- und Nachteile) durch einen verstärkten Anbau von Energiepflanzen allgemein gesehen werden. Mehr als zwei Drittel der Befragten erwarten ökologischen Veränderungen, wobei die Mehrheit der Befragungsteilnehmer aber von nachteiligen Auswirkungen ausgeht, zum Beispiel Rückgang der Bodenqualität (Abbau von Humus) und der Vielfalt von Flora und Fauna. Allerdings wurden wiederum von einigen Befragungsteilnehmern genau die gegenteiligen Auswirkungen als positive Nebeneffekte eines verstärkten Anbaus von Energiepflanzen genannt, wenn auch vergleichsweise in geringerem Umfang. Spätestens an dieser Stelle zeigt sich die Ambivalenz einzelner Stakeholder und damit möglicherweise auftretende (zusätzliche) Zielkonflikte im Rahmen einer Flurbereinigung.

Hinsichtlich geeigneter Standorte für die Erzeugung von erneuerbaren Energien wurden die Landbewirtschafter aufgrund der unterstellten Annahme, Gunstregionen und Grenzstandorte aufgrund topographischer als auch klimatischer Kenntnisse der Untersuchungsregion nennen zu können, befragt. In der abgebildeten Karte des Flurbereinigungsgebiets (11) sind die erfassten Angaben geeigneter Standorte für Windkraft-, Solar- und Wasserkraftanlagen nach Ansicht der Befragten markiert. Allerdings gibt es im Flurbereinigungsgebiet bis auf wenige Grünlandstandorte keine landwirtschaftlichen Flächen mit eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten, die theoretisch für solche Anlagen als bevorzugte Standorte in Betracht gezogen werden könnten. Als Standorte für den Energiepflanzenanbau wurden alle ausgewiesenen landwirtschaftlichen Nutzflächen für geeignet erachtet.



**Übersicht 1:** Flurbereinigungsgebiet Crailsheim-Jagstheim

**Quelle:** verändert nach Flurneuordnungsamt Landkreis Schwäbisch Hall, 2012

Individuelle Vorstellungen eines "idealen" Energiemixes, basierend auf regenerativen Energiequellen, für das Untersuchungsgebiet wurden zum Thema erneuerbarer Energien erfasst. Die Energiegewinnung durch Photovoltaik wird von mehr als 70 Prozent als elementarer Bestandteil im Energiemix gesehen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass bereits auf auffallend vielen Gebäude-/Anlagendächer der Untersuchungsgemeinde Solarmodule installiert sind. Windkraft- und Biogasanlagen werden von mehr als 50 Prozent der Befragten als wichtige Bestandteile eines "idealen" Energiemix beurteilt, gefolgt von Holzverbrennungsanlagen und Wasserkraft. Solarthermie halten knapp 30 Prozent der Befragten als wichtigen Bestandteil, während die Energiegewinnung durch Geothermie oder die Verbrennung anderer Biomasse als Holz (Heu/Stroh) keine bedeutenden Stellungen einnehmen.

### 3.3 Analyse der Agrar- und Bioenergiepotenziale

Die Abschätzung der Biomassepotenziale erfolgte auf Basis der durch die Befragung erfassten Daten. Um verschiedene Rahmenbedingungen bei der Analyse von Agrar- und Bioenergiepotenzialen abbilden zu können, wurden verschiedene Annahmen bezüglich der Biomasseproduktion im engeren Sinne (unter anderem Berücksichtigung verschiedener Ertragsniveaus, Energiepflanzenmix) und im weiteren Sinne (unter anderem Restriktionen der Flächenverfügbarkeit, Ausrichtung der Bioenergieproduktion) unterstellt. Unter der Berücksichtigung aktueller Rahmenbedingungen wurden infolgedessen drei verschiedene Szenarien entworfen und untersucht.

In einem ersten Szenario, das sogenannte Referenzszenario, wurde zunächst davon ausgegangen, dass die derzeitigen landwirtschaftlichen Produktionsausrichtungen weiterhin fortgeführt werden. Die Nutztierhaltung hat

wie bisher Priorität im FBG. Das impliziert, dass die Futterproduktion für die Nutztierhaltung gegenüber der Bioenergiepflanzenproduktion Vorrang hat. Um Aussagen konkret für das FBG treffen zu können, erfolgt für die Szenarienberechnungen eine wenig realitätsnahe "Inselbetrachtung" des FBG, die jedoch die Veranschaulichung der ökonomischen und ökologischen Wirkungen der Bioenergieproduktion erleichtert. Beispielsweise werden für die Futterbereitstellung der im FBG ansässigen Tierhaltung ausschließlich die im FBG vorhandenen Flächen berücksichtigt; das heißt, es findet vorerst kein auf das FBG bezogen grenzüberschreitender Austausch von Agrarrohstoffen statt. Diese Form der Inselbetrachtung als quasi "ceteris paribus"-Analyse erleichtert nicht allein die Ableitung von Schlussfolgerungen, sondern hat aufgrund der Transportkostensensitivität im Rahmen der Bioenergieproduktion eine nicht zu unterschätzende praktische Relevanz. Darüber hinaus basieren die Szenarien auf der Annahme einer ausschließlichen Strom- und Wärmeproduktion aus Bioenergie, wenngleich bereits erhebliche Strom- aber auch Wärmemengen aus anderen regenerativen Energien zur Verfügung gestellt werden (vgl. Kapitel 3.5). Allerdings zeigt diese Vorgehensweise am Vorzüglichsten die technischen Potenziale auf, damit anschließend über die wirtschaftlichen Potenziale einzelner Energielinien diskutiert werden kann.

Wenn nach Erfüllung der genannten Bedingungen weitere landwirtschaftliche Flächen für andere Nutzungszwecke als Tierhaltung zur Verfügung stehen, werden diese Flächen im Referenzszenario für den Anbau energetischer Biomasse verwendet. Weiterhin wird unterstellt, dass der im FGB anfallende und bislang nicht für Bioenergiezwecke genutzte Wirtschaftsdünger komplett für die Bioenergieproduktion verwendet werden kann▶<sup>4)</sup>. Im Referenzszenario werden die bereits betriebenen Biogasanlagen, im Hinblick auf Flächenanspruch und Energieertrag, berücksichtigt.

Im Rahmen der Befragung wurde die theoretische (preisunabhängige) Bereitschaft der Landwirte erfasst, wie viel Flächen (betriebsbezogen) sie für die Bioenergieproduktion zur Verfügung stellen könnten oder würden. In einem weiteren Szenario "Energie LW" wird daher unterstellt, dass die theoretische Bereitschaft der im FBG ansässigen Landwirte zur Erzeugung energetischer Biomasse innerhalb des FBG voll ausgeschöpft wird und die verbleibenden Flächen zur Erzeugung von Futtermitteln verwendet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Tierhaltung nicht eingeschränkt wird und Zufuhren von Futtermitteln von außerhalb erlaubt sind. Würden nach Erfüllung des Futtermittelbedarfs weitere Flächen zur Verfügung stehen, würden diese ebenfalls für den Anbau energetischer Biomasse verwendet. Vergleichend zum Referenzszenario wird die bereits im FBG bestehende Bioenergieproduktion auch in diesem Szenario berücksichtigt.

Das dritte Szenario "Energie max." geht von einer maximalen, nachhaltigen Ausnutzung der im FBG vorhandenen Flächenkapazitäten für die Produktion energetischer Biomasse aus. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass die gesamt verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche der Bioenergieproduktion zur Verfügung steht und folglich keine Tierproduktion mehr im FBG stattfindet, die von den Flächen des FBG versorgt werden könnte. Die bereits stattfindende Bioenergieproduktion wird nicht berücksichtigt. Die Darstellung dieses wenig realistischen Szenarios dient zur Aufzeigung des theoretisch maximal möglichen (technischen) Bioenergiepotenzials der Untersuchungsregion.

In allen Szenarienbetrachtungen wird unterstellt, dass sich der bisherige Flächenumfang der landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF) sowie das bisherige Flächenverhältnis von Ackerfläche (AF) zu Grünland (GL) nicht ändern. Die Biomassepotenziale, unabhängig vom Verwendungszweck, wurden für drei verschiedene (regional abgestimmte) Ertragsniveaus (niedrig, mittel, hoch) ermittelt. Grünlandflächen werden für die Bereitstellung von energetischer Biomasse in Form von Grassilage und Heu berücksichtigt. Die Erzeugung von Bioenergiepflanzen auf Ackerflächen erfolgt nach einem regional angepassten energieoptimierten Anbaumix▶<sup>5)</sup>. Dieser basiert auf den energieeffizientesten Kulturen, die für den Untersuchungsstandort geeignet sind und nachhaltige Landnutzungsformen gewähren (vgl. hierzu 14, 22). Darüber hinaus werden vereinfachend die Potenziale anderer regenerativer Energien für den ersten Analyseschritt vernachlässigt. In einem weiteren Schritt erfolgt die Abwägung, welcher regenerative Energiemix vorzüglich erscheint.

Die Potenzialabschätzung erfolgt unter zwei Betrachtungsweisen:

- Priorität Stromversorgung, welche durch die Erzeugung von Biogas ermöglicht wird. Überschüssige Substratpotenziale, sofern vorhanden, werden dann der Wärmeerzeugung, zum Beispiel für Verbrennungsprozesse oder ähnliches zugeführt.
- Priorität Wärmeversorgung, das heißt prioritäre Verwendung geeigneter Substrate für die Erzeugung

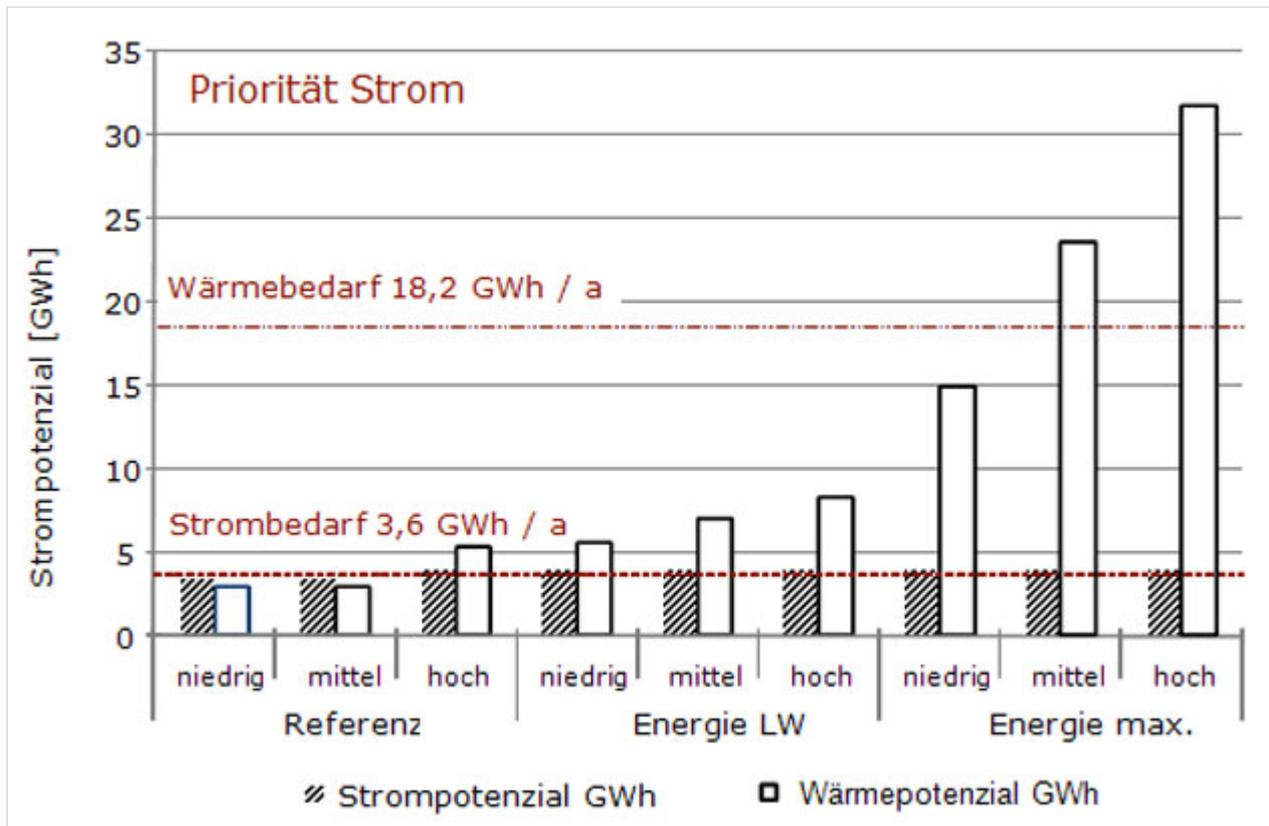
von Wärme.

Bei Priorität Wärme werden dementsprechend überschüssige oder für die Wärmeerzeugung nicht geeignete Rohstoffe für die Stromerzeugung verwendet. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst und vergleichend dargestellt (Abbildungen 1 und 2). In den Abbildungen zeigen die gestrichelten Linien die in der Untersuchungsgemeinde jährlich benötigten Energiemengen an Strom oder Wärme. Die Energiepotenziale, die aus der landwirtschaftlichen Produktion generiert (Biomasse und Reststoffe) werden können, sind in Balkenform abgebildet.

Laut dem Steinbeis-Forschungsinstitut Solites (27) hat die Gemeinde der Untersuchungsregion einen jährlichen Strom- und Wärmebedarf<sup>6)</sup> von etwa 3,6 Millionen und 18,2 Millionen Kilowattstunden. Die bislang im FBG installierten Biogasanlagen liefern dabei bereits jährlich einen Anteil von rund 55 Prozent des Strombedarfs. Der bislang noch nicht genutzte Wärmebeitrag beläuft sich auf knapp zehn Prozent des Bedarfs. Die Rohstoffversorgung der BGAs beansprucht unter Berücksichtigung eines niedrigen (hohen) Ertragsniveaus etwa 15 Prozent (11 Prozent) der im FBG zur Verfügung stehenden Ackerfläche und 29 Prozent (15 Prozent) der verfügbaren Grünlandfläche.

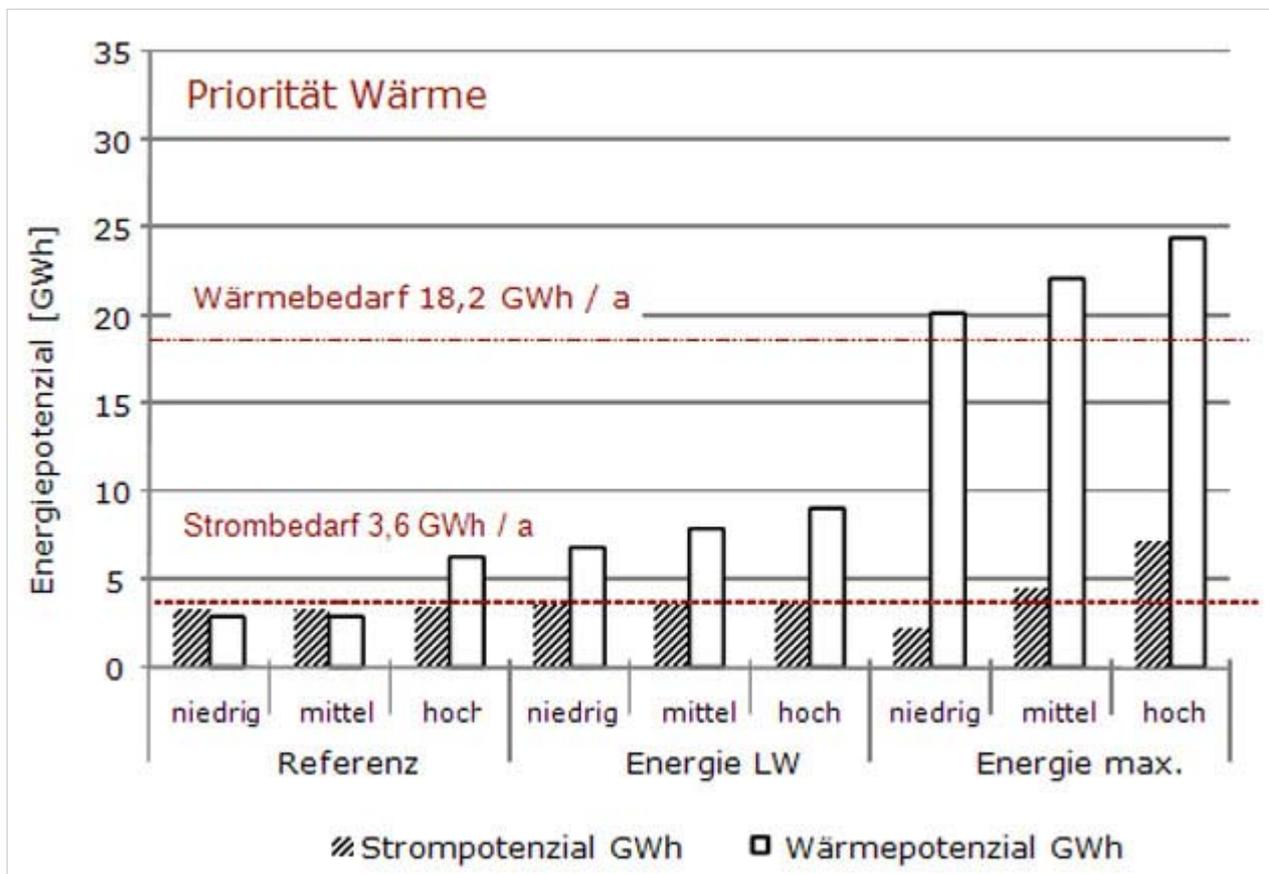
Abbildung 1 zeigt die Energiepotenziale unter der Bedingung, dass die Deckung des Strombedarfs primär zu gewährleisten ist, welches unter nahezu allen unterstellten Bedingungen über die Bioenergieproduktion erfolgen kann. Lediglich im Szenario Referenz stehen bei niedrigen bis mittleren Ertragserwartungen theoretisch keine zusätzlichen Flächen für die Bioenergieproduktion zur Verfügung. Das zusätzliche Potenzial ergibt sich über die Verwertung des insgesamt im FBG anfallenden Wirtschaftsdüngeraufkommens. Im Referenzszenario besteht unter diesen beiden Ertragsannahmen (niedrig und mittel) sogar ein Flächendefizit; das heißt, der benötigte Futtermittelbedarf der ansässigen Tierhaltung kann nur über Zufuhr von "außen" gedeckt werden. Die Deckung des Wärmebedarfs hingegen kann unter der Prämisse "prioritäre Strombereitstellung" erst realisiert werden, wenn die zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Produktionsfläche (831 Hektar) vollständig für die Bioenergieerzeugung verwendet würde und zudem mittlere bis hohe Erträge erwartet werden können.

Mit der Annahme, dass die erzeugte Biomasse prioritär für die Wärmeerzeugung genutzt wird (Abbildung 2), kann wiederum der Strombedarf in allen Szenarien nahezu unter allen jeweilig vorgegebenen Ertragsniveaus gedeckt werden. Allein durch die vollständige Verwertung der im FBG anfallenden tierischen Exkremente könnten theoretisch Strommengen erzeugt werden, die anteilmäßig am Bedarf etwa 38 Prozent beitragen würden. Im Szenario Energie max. könnten unter der Annahme geringer Biomasseerträge lediglich 60 Prozent des Strombedarfs über Bioenergie bereitgestellt werden, da die erzeugte Biomasse nahezu vollständig für die Wärmeerzeugung verwendet würde und in diesem Szenario keine tierischen Exkremente für die Verwertung in Biogasanlagen zur Stromerzeugung zur Verfügung stehen. Allerdings kann auch bei primärer Verwendung der erzeugten Biomasse für die Wärmeproduktion der Bedarf nur dann allein durch Bioenergie gedeckt werden, wenn der Gesamtumfang der landwirtschaftlichen Produktionsflächen des Untersuchungsgebietes für die Energieerzeugung verfügbar wäre.



**Abb. 1:** Bioenergiepotenziale unter der Priorität Stromerzeugung

**Quelle:** eigene Berechnungen unter Berücksichtigung einzelner Angaben aus (19, 22, 23 und 28)



## **Abb. 2:** Bioenergiepotenziale unter der Priorität Wärmeerzeugung

**Quelle:** eigene Berechnungen unter Berücksichtigung einzelner Angaben aus (19, 22, 23 und 28)

Eine autarke Energieversorgung des Untersuchungsgebietes mit Wärme und Strom basierend auf Bioenergie ist, wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, theoretisch möglich. Im FBG befinden sich rund 450 Hektar Ackerfläche, die für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden könnten und weitere 380 Hektar Grünlandflächen, deren Erträge ebenfalls energetisch genutzt werden könnten. Allerdings würde dies bedeuten, dass die Nahrungsmittelerzeugung als bisherige traditionelle Form der Landwirtschaft zurückgefahren werden müsste, um die Produktion von energetischer Biomasse zu ermöglichen.

### **3.4 Ökonomische Aspekte der Biomasseproduktion**

Bei der Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen sind die Produktionskosten der einzelnen Substrate bedeutend und bestimmen die Wirtschaftlichkeit der Energiegewinnungsanlage<sup>7)</sup>. Substratkosten können zum Beispiel in Biogasanlagen auf Nawaro-Basis in Einzelfällen mehr als 50 Prozent der Gesamtkosten ausmachen (13). Rohstoffe, die geringe Produktionskosten aufweisen, müssen nicht zwangsläufig die beste Alternative darstellen, da neben Bereitstellungskosten (zum Beispiel Produktion, Transport, Lagerung) auch die Energieausbeute der einzelnen Energiepflanzen bedeutend ist. In Tabelle 1 sind Produktionskosten und Energieerträge der für das Untersuchungsgebiet geeigneten Biomassen anhand verschiedener Ertragsniveaus aufgeführt. Die hier dargestellten Werte basieren auf Vollkostenrechnungen frei Bioenergieanlage und Abnehmer; das heißt, in den Berechnungen sind Kosten der Einlagerung sowie der Bereitstellung (zum Beispiel Fermenter, Anlieferung bei Abnehmer) berücksichtigt. Die gemäß (20)<sup>8)</sup> ermittelten Produktionskosten können in der Praxis signifikant geringer ausfallen, aber bei zukünftig stärker ansteigenden Agrarrohstoffpreisen auch signifikant höhere Vollkosten nicht auszuschließen.

Bei Bioenergiepflanzen, die als Substrate für Biogasanlagen (BGA) in Fragen kommen, bringen Maissilage und GPS (Getreide-Ganzpflanzensilage) die höchsten Energieerträge je Hektar. Maissilage weist mit 10,1 Eurocent je kWh<sub>el</sub> die geringsten Substratkosten aus, wenn man von einem mittleren Ertragsniveau ausgeht und die Annahme unterstellt wird, mit der Anlage ausschließlich Strom zu produzieren (100 Prozent Strom), aber keine externe Wärmenutzung unterstellt wird, was jedoch in vielen Anlagen der Fall ist. GPS verursacht speziell in dieser Region mit den unterstellten Erträgen oder Ertragsverhältnissen im Vergleich mit 10,3 Eurocent je kWh<sub>el</sub> nur unwesentlich höhere Kosten. Grassilage weist aufgrund eines geringen Energieertrages und vergleichsweise hohen Produktionskosten mit 16,6 Eurocent je kWh<sub>el</sub> dementsprechend hohe Substratkosten auf. Unter günstigen Ertragsbedingungen betragen die Substratkosten je produzierter kWh Strom für Maissilage und Ganzpflanzensilage jeweils rund neun Eurocent und für Grassilage 15 Eurocent.

Energiepflanze		Maissilage <sub>BGA</sub>	Grassilage <sub>BGA</sub>	GPS <sub>BGA</sub>	Weizen <sub>th</sub>	Miscanthus	Pappeln
Energieoutput	kWh/t	1048	1007	1007	4000	3800	3400
niedriges Ertragsniveau							
Ertrag*	t/ha	35,2	17,6	26,4	7,0	12,5	6,9
Produktionskosten	€/ha	1630	1290	1235	1294	972	726
Energieertrag	kWh/ha	36.900	17.723	26.585	28.000	47.515	23.392
Stromertrag BGA <sub>40%</sub>	MWh/ha	14,7	7,1	10,6	-	-	-
Wärmeertrag <sub>Heizöläquiv.</sub>	l/ha	-	-	-	2800	4752	2339
Substratkosten je Energieeinheit (Strom- / Wärmenutzung jew. 100%)	€/kWh <sub>el.</sub>	0,110	0,182	0,116	-	-	-
	€/kWh <sub>th.</sub>	-	-	-	0,025	0,020	0,031
mittleres Ertragsniveau							
Ertrag*	t/ha	44,0	25,1	35,2	9,0	18,8	11,4
Produktionskosten	€/ha	1856	1683	1463	1586	1099	868
Energieertrag	kWh/ha	46.125	25.276	35.446	36.000	71.463	38.896
Stromertrag BGA <sub>40%</sub>	MWh/ha	18,5	10,1	14,2	-	-	-
Wärmeertrag <sub>Heizöläquiv.</sub>	l/ha	-	-	-	3600	7146	3890
Substratkosten je Energieeinheit (Strom- / Wärmenutzung jew. 100%)	€/kWh <sub>el.</sub>	0,101	0,166	0,103	-	-	-
	€/kWh <sub>th.</sub>	-	-	-	0,024	0,015	0,022
hohes Ertragsniveau							
Ertrag*	t/ha	52,8	30,2	44,0	11,0	25,0	16,0
Produktionskosten	€/ha	2040	1807	1614	1885	1492	1034
Energieertrag	kWh/ha	55.350	30.411	44.308	44.000	95.031	54.400
Stromertrag BGA <sub>40%</sub>	MWh/ha	22,1	12,2	17,7	-	-	-
Wärmeertrag <sub>Heizöläquiv.</sub>	l/ha	-	-	-	4400	9503	5440
Substratkosten je Energieeinheit (Strom- / Wärmenutzung jew. 100%)	€/kWh <sub>el.</sub>	0,092	0,149	0,091	-	-	-
	€/kWh <sub>th.</sub>	-	-	-	0,023	0,016	0,019

**Tabelle 1:** Produktionskosten und Energieerträge ausgewählter Biomassen für energetische Nutzungszwecke  
\* TM-Gehalte bei Ernte: Maissilage 35 Prozent, Grassilage 35 Prozent, GPS 35 Prozent, Weizen 86 Prozent, Miscanthus 86 Prozent, Pappeln 70 Prozent. Stromertrag BGA: elektrischer Wirkungsgrad von 40 Prozent unterstellt

**Quelle:** Eigene Berechnung nach (20): Schlaggröße zwei Hektar, konventionell, wendend (Silomais, GPS, Weizen, Miscanthus) und 2-jähriger Umtrieb, Feldhäcksler (Pappeln); inklusiv Bereitstellungskosten Anlage/Abnehmer; jährliche Betrachtungsweise aller Ertrags- und Kostenangaben

► Größere Darstellung

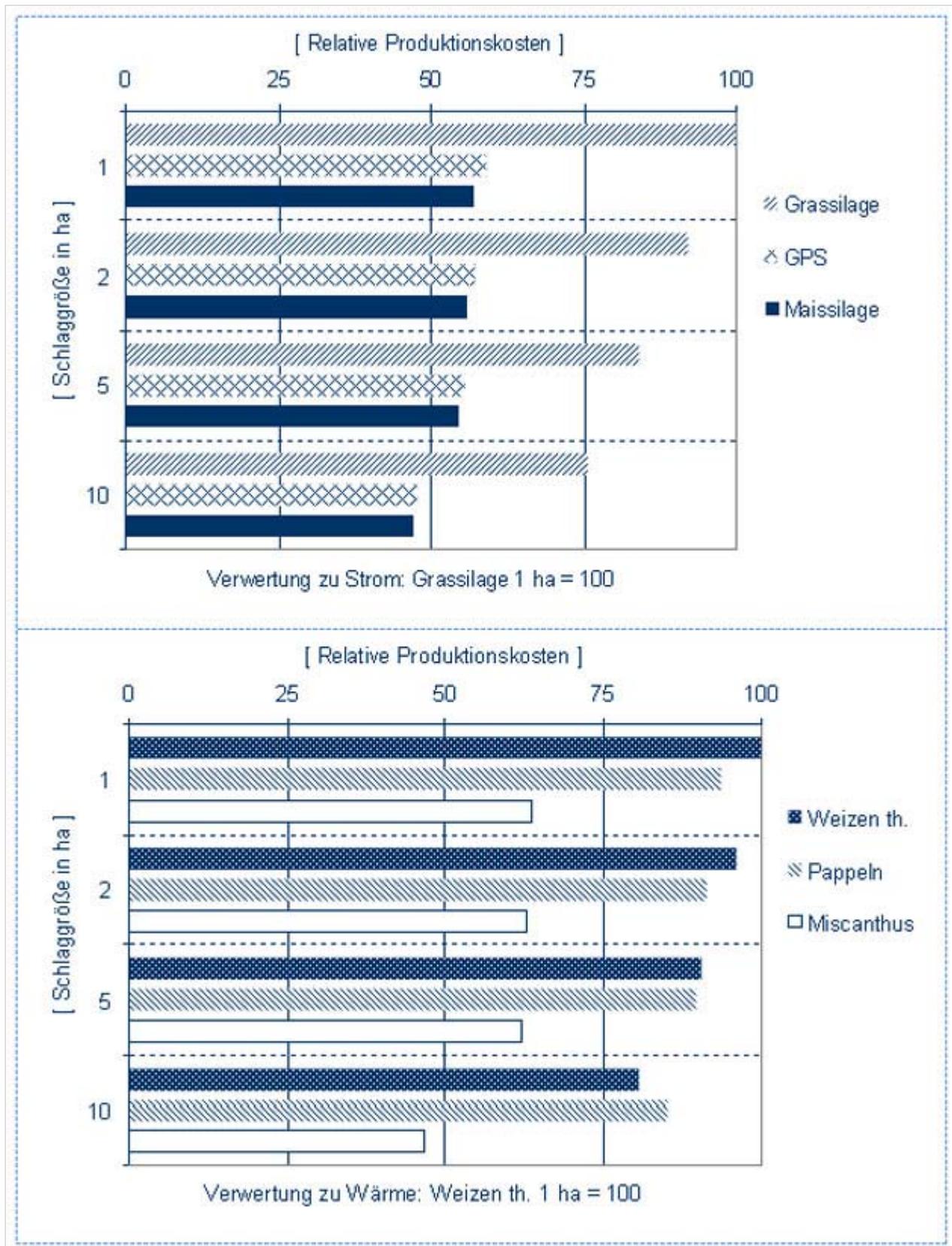
In Tabelle 1 sind als nachwachsende Rohstoffe für die Wärmeerzeugung die Substratkosten für Weizenstroh, Miscanthus und Pappeln dargestellt. Die Produktionskosten für Weizen umfassen die Körner- und Strohernte, wobei Stroh ein Nebenprodukt darstellt, das jedoch energetisch genutzt werden kann. Die Produktionskosten je Hektar beziehen sich daher auf Weizenkorn und -stroh und fallen wegen der zweifachen Nutzungsmöglichkeit der Pflanze geringer aus als wenn nur eine Nutzungsmöglichkeit unterstellt würde. Für die thermische Nutzung wird hier nur Stroh berücksichtigt. Die Kosten liegen je nach Ertragsniveau und produzierbarer Kilowattstunde zwischen 2,5 und 2,3 Eurocent. Miscanthus liefert, basierend auf den Angaben des KTBL (20, 22), die höchsten Energieerträge je Hektar. Die Substratkosten liegen, ohne zum Beispiel nachhaltige Humuswirkungen zu berücksichtigen, bei einem niedrigen Ertragsniveau bei etwa zwei Eurocent pro Kilowattstunde und bei mittlerem bis hohem Ertragsniveau bei etwa 1,5 Euro pro Kilowattstunde. Im Vergleich zu Stroh und Holzhackschnitzel aus Pappelholz, die Substratkosten zwischen 3,1 und 1,9 Eurocent pro Kilowattstunde verursachen, stellt Miscanthus, basierend auf den unterstellten Preis- und Ertragsdaten, das günstigste Substrat zur Wärmeerzeugung dar, ohne jedoch die Kosten der technischen Verwertung ins Kalkül zu ziehen.

Die alternative Verwendungsmöglichkeit landwirtschaftlicher Produktionsflächen – in diesem Fall Energie- versus Nahrungsmittelerzeugung – führt bei Landwirten zu einem Entscheidungsproblem, da die Produktionsfläche nicht gleichzeitig beiden Zwecken zugeführt werden kann. Folglich entstehen dem einzelnen Landwirt Opportunitätskosten durch den entgangenen Nutzen bei alternativer Verwendung der Flächen. Ein Landwirt wird sich folglich für die Produktionsalternative entscheiden, die die beste Verwertung erzielt.

Infolgedessen lassen sich zwei grundlegende Erkenntnisse ableiten, die den Ausbau von Bioenergie beeinflussen und in die Anlagenkalkulationen mit aufgenommen werden müssen: Zum einen müssen die Preise für energetische Biomassen – vor allem innerhalb eines gemeinschaftlichen Projektes – so angesetzt werden, dass ein Anreiz zur Produktion und eine dementsprechend adäquate Entlohnung gegeben ist. Zum anderen ist bei Bioenergieträgern wie Miscanthus, die zu den Dauerkulturen zählt wichtig, dass die Preisgestaltung im langjährigen Produktionszeitraum flexibel und weiterhin auch die Abnahme zuverlässig gehandhabt wird, zum Beispiel auf Basis von mittel- bis langfristigen Verträgen. Es gibt einige Landwirte im und angrenzend an das FBG, die Flächenanteile für die (Bio-) Energieproduktion bereitstellen würden.

Um Produktionskosten für Substrate zu senken und auch zukünftig auf einem möglichst geringen und auf einem wettbewerbsfähigen Niveau zu halten, können im Rahmen einer (energetischen) Flurbereinigung günstige Voraussetzungen geschaffen werden, um Kostendegressionen zum Beispiel durch Skaleneffekte ("economies of scale") herbeizuführen. Günstigere Produktionsbedingungen können unmittelbar durch Größeneffekte geschaffen werden, zum Beispiel eine Vergrößerung von Produktionsflächen (Schlaggröße) (Abbildung 3), jedoch ohne ökologische Zielsetzungen in Frage zu stellen, und große Energieerzeugungsanlagen anstelle mehrerer kleiner, die eine effizientere Bewirtschaftung erlauben.

Die Abbildung veranschaulicht, dass sich die Produktionskosten bei allen dargestellten Bioenergieträgern je produzierter Energieeinheit bei zunehmender Schlaggröße verringern. Vergleicht man mit einem Hektar die kleinste hier dargestellte Flächeneinheit mit der größten von zehn Hektar, so liegen die Differenzbeträge der Produktionskosten je nach betrachteter Kultur zwischen zwei und vier Eurocent je Kilowattstunde (oder 300 bis 400 Euro je Hektar). Bei Bioenergiepflanzen, die für die thermische Nutzung geeignet sind, schlagen sich die rückläufigen Produktionskosten bei zunehmender Schlaggröße aufgrund des vergleichsweise viel geringeren Kostenniveaus je produzierter Kilowattstunde nicht so stark nieder. Der Skaleneffekt Schlaggröße wirkt sich bei den Kosten je Kilowattstunde bei großen Schlaggrößen vergleichsweise günstiger aus als bei einem höheren Feldertrag. Beispielsweise liegen die Kosten für Maissilage bei hohem Ertragsniveau (bei 2-Hektar-Schlägen) bei etwa 0,101 Euro pro Kilowattstunde während bei mittlerem Ertragsniveau und einer Schlaggröße von zehn Hektar die Kosten 0,085 Euro pro Kilowattstunde betragen.



**Abb. 3:** Entwicklung der relativen Produktionskosten verschiedener Biomassen je Energieeinheit bei zunehmender Schlaggröße (mittleres Ertragsniveau)

**Quelle:** (19) und eigene Berechnungen

Weiterhin können Transport- und Bereitstellungskosten minimiert werden, wenn sich Produktionsflächen, die ausschließlich zur Erzeugung energetischer Biomassen verwendet werden, in unmittelbarer Anlagennähe

befinden und/oder das Transportwegenetz entsprechend dem Anlagenstandort angepasst wird. Folglich könnten Kooperationsformen wie Maschinenverbände gegründet werden, die weiterhin Kosten für Arbeit und Technik langfristig reduzieren und sich folglich in einer Verringerung der Produktionskosten insgesamt niederschlagen und zumindest seitens der Substratkosten zu einer höchstmöglichen betriebs- und volkswirtschaftlichen Effizienz führen würde. Allerdings sind die soeben aufgezeigten Spannen der Produktionskosten nur ein Teil der gesamten Gestehungskosten für Bioenergie, die im Folgenden anhand eines Beispiels dargestellt werden.

Die Wirtschaftlichkeit der bioenergetischen Stromgewinnung wird am Beispiel einer Biogasanlagen gezeigt, da sie die typische Erzeugungsform in landwirtschaftlichen Betrieben aber auch in der Untersuchungsregion darstellt. Orientierend am Strombedarf des Untersuchungsgebiets wird eine beispielhafte (fiktive) Anlage berechnet, wie sie ohne die bereits bestehenden und geplanten Anlagen im FBG zur Gesamtabdeckung erforderlich gewesen wäre. Die Kosten-Leistungsrechnung ist in Tabelle 2 dargestellt. Für die Berechnung wurde der Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas nach (21) verwendet. Zum Zeitpunkt der Abfrage galten noch die Vergütungssätze des EEG 2009 (7).

Die Anlagenwahl basiert auf der Substratmengenbereitstellung (Mais-, Gras- und Ganzpflanzensilage, exklusiv Gülle) wie sie vergleichsweise im Szenario Energie maximal bei mittleren Ertragsniveau möglich wäre. Für die zugrunde gelegten Substratmengen werden Anlagengrößen zwischen 580 und 600 Kilowatt installierter elektrischer Leistung, bei geleisteten 7.500 Volllaststunden pro Jahr unterstellt<sup>9)</sup>. Die einmaligen Investitionskosten betragen für die BGA rund 1,8 Millionen Euro<sup>10)</sup>. Zu den jährlich anfallenden variablen Kosten summieren sich Aufwendungen unter anderem für Substrate, Reparaturen und Betriebsstoffe sowie kalkulatorische Zinsen für das Umlaufvermögen zu etwa 558.000 Euro. Fixe Kosten wie beispielsweise Abschreibung und Versicherung ergeben eine jährliche Summe von rund 234.000 Euro. Unter Berücksichtigung einer Gemeinkostenpauschale in Höhe von 6.000 Euro summieren sich die jährlich anfallenden Gesamtkosten auf knapp 800.000 Euro. Bei einer jährlich produzierten Strommenge von rund 4,4 Millionen Kilowattstunden liegen die Stromgestehungskosten der Beispielbiogasanlage bei rund 18 Eurocent je Kilowattstunde.

<b>Biogasanlage 600 kW elektr. Leistung</b>		
Stromeinspeisung	kWh/a	4.362.650
Wärmenutzung	kWh/a	3.610.028
<b>Investitions- und Jahreskosten, Leistungen</b>		
Investitionskosten (einmalig)	€	1.827.832
<b>Leistungen</b>		
Stromeinspeisung	€/a	800.935
Wärmenutzung	€/a	72.201
Gärresteverkauf	€/a	81.967
<b>Veränderliche Spezialkosten</b>		
Substrate	€/a	450.550
Reparaturen und Wartungen	€/a	32.917
Betriebsstoffe	€/a	57.044
Sonstiges (Laboranalysen, Zinsansatz usw.)	€/a	17.451
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>€</b>	<b>397.141</b>
<b>Feste Spezialkosten</b>		
Abschreibungen	€/a	134.967
Zinsansatz	€/a	54.835
Arbeitskosten	€/a	35.630
Sonstiges (Versicherung usw.)	€/a	8.308
<b>Spezialkostenfreie Leistung</b>	<b>€</b>	<b>163.400</b>
<b>Stromgestehungskosten</b>	<b>€/kWh</b>	<b>0,183</b>

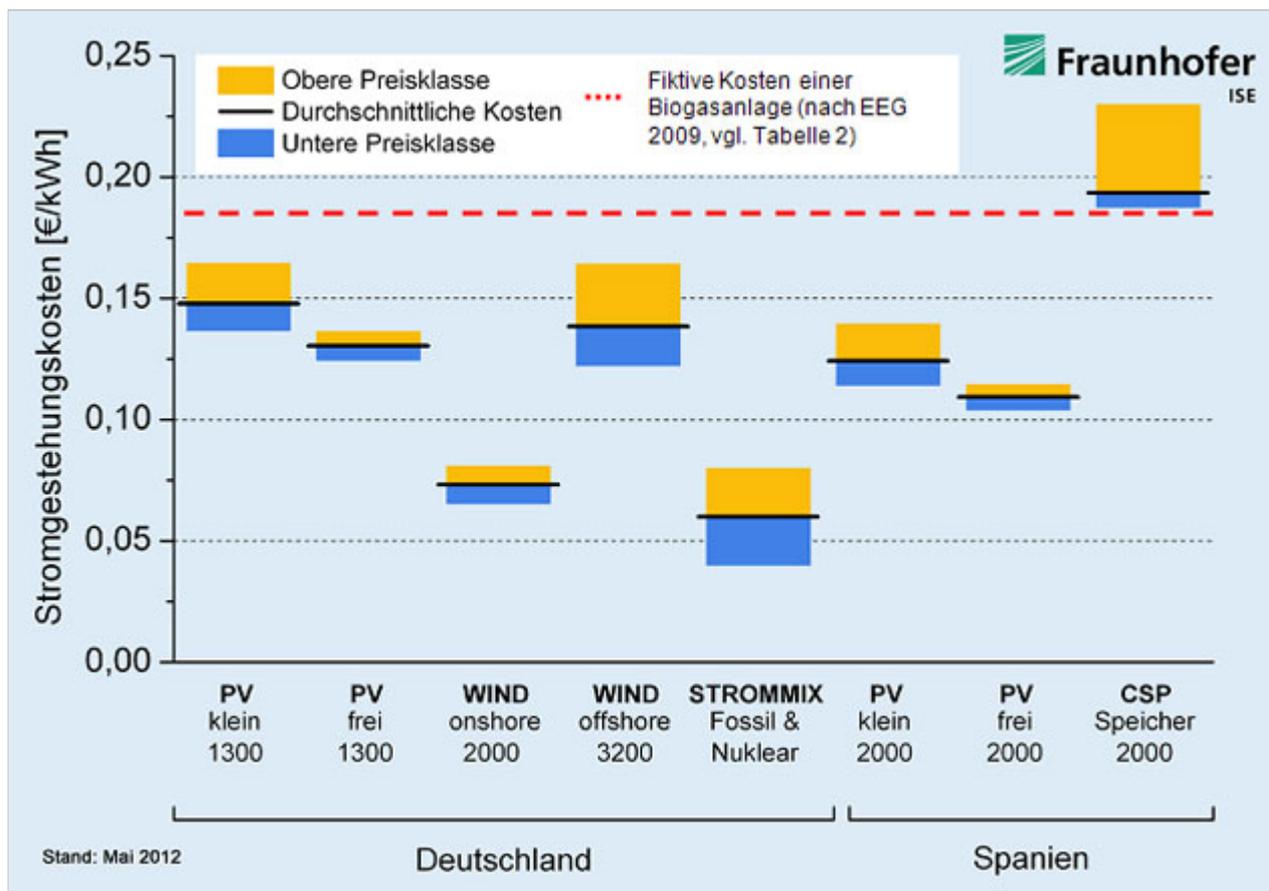
**Tabelle 2:** Beispielhafte Kosten-/Leistungsrechnung einer fiktiven Biogasanlage zur Abdeckung des Bioenergiebedarfs des FBG (Priorität Strom)

**Quelle:** zusammengefasste Darstellung nach (21), (Leistungen basieren auf Vergütungen des EEG 2009)

Abbildung 4 zeigt Stromgestehungskosten für alternative regenerative Energiequellen nach einer Studie des Fraunhofer-Instituts ISE (16). Ein direkter Vergleich der Kosten ist hier aufgrund der unterschiedlich erzeugten jährlichen Strommengen aber auch bei Bedarf zusätzlich entstehender Wärmemengen je Anlage nicht gegeben. Allerdings ermöglicht es eine ungefähre Einordnung der Stromgestehungskosten der vorgestellten Beispiel-Biogasanlage, allerdings mit dem Hinweis, dass die Stromproduktion aus Biogas einen Zusatzwert aufgrund ihrer zeitgerechten Verfügbarkeit zugestanden werden muss (Flexibilitätswert), den man in Anbetracht gegenwärtig hoher Speicherkosten für Sonnen- und Windenergie nicht vernachlässigen sollte. Somit kann durch den diese Gegenüberstellung der Energie- und Stromgestehungskosten von Bioenergie mit anderen erneuerbaren Energien keine eindeutige Schlussfolgerung abgeleitet werden.

Die durchschnittlichen Stromgestehungskosten von Klein-Photovoltaikanlagen liegen zwischen 14 und 16 Eurocent je Kilowattstunde und damit etwas geringer als die der BGA (im Jahr 2010 waren diese Kosten noch nahezu doppelt so hoch, vgl. 15). PV-Freiflächenanlagen verursachen Stromgestehungskosten bei einer (für Südeuropa anzutreffenden) jährlichen Globalstrahlung von 2.000 Kilowattstunden pro Quadratmeter von etwa 13 bis 14 Eurocent je Kilowattstunde. Die jährliche Sonneneinstrahlung im Untersuchungsgebiet liegt schätzungsweise mit 1.000 und 1.250 Kilowattstunden pro Quadratmeter (26) etwas geringer wie in der

Berechnung für PV-Kleinanlagen gemäß ISE 2012 (16). Folglich würden sich etwas höhere Stromgestehungskosten aus Klein-Photovoltaikanlagen im FBG ergeben. Bei Nutzung der Windkraft an guten Windstandorten liegen die Stromgestehungskosten bereits heute im Bereich der konventionellen Energieerzeugung (sechs bis acht Eurocent pro Kilowattstunde).



**PV:** Standorte mit 1.300 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr; klein bis 10 kWp, frei (Freiflächenanlagen) größer 1.000 kWp; **Wind:** Onshore: zwei bis drei Megawatt, Offshore: drei bis fünf Megawatt; **Mix:** fossile Energieträger (Steinkohle, Braunkohle, Kernkraft); **CSP (Contracting Solar Power):** 100 Megawatt, Standorte mit jährlich 2.000 Kilowattstunden pro Quadratmeter; mit integriertem Wärmespeicher  
Der Wert unter der Technologie bezieht sich bei den Solartechnologien auf die jährliche Einstrahlung am Kraftwerksstandort (in Kilowattstunde pro Quadratmeter pro Jahr), bei Windkraft auf die jährliche Volllaststundenanzahl.

**Abb. 4:** Vergleich der Stromgestehungskosten (2012) für Photovoltaik (PV), solarthermische Kraftwerke (CSP) und Windenergieanlagen (Wind)

**Quelle:** (16), fiktive Stromgestehungskosten der Biogasanlage nach (21)

### 3.5 Ausbaumöglichkeiten bestehender Bioenergieproduktion im Untersuchungsgebiet

Zu Beginn der Untersuchung fand im FBG bereits die Produktion von erneuerbarer Energie statt, welche innerhalb des Untersuchungszeitraumes kontinuierlich weiter ausgebaut wurde.

Insgesamt werden aktuell ungefähr 3,59 Millionen Kilowattstunden Strom auf Basis regenerativer Energieträger produziert (96 Prozent des jährlichen Strombedarfs) (27). Die Stromerzeugung erfolgt hauptsächlich durch die zwei Biogas- (jährliche Produktionskapazität insgesamt: 1,5 bis zwei Millionen Kilowattstunden) sowie Photovoltaikanlagen (jährliche Dachinstallationen rund 1,7 Millionen Kilowattstunden). Eine Wasserkraftanlage liefert einen weiteren kleinen Beitrag pro Jahr (0,3 Millionen Kilowattstunden). Die regenerative Wärmegewinnung (insgesamt etwa 5,16 Millionen Kilowattstunden pro Jahr) findet in einzelnen Haushalten insbesondere durch Holzheizungen statt. Kleine Anteile werden durch Solarthermieanlagen und wenige

Erdwärmesonden ergänzt (27). Die Wärme der Biogasanlagen wird bislang nur teilweise für die Tierhaltung genutzt. Gemessen am gesamten Wärmebedarf entspricht dies einer Bereitstellung regenerativer Wärme in Höhe von 28 Prozent. Hierbei ist zu beachten, dass das Flurbereinigungsgebiet nur etwa acht Prozent des schon heute verfeuerten Holzes beitragen kann, der Rest wird nicht aus dem FBG bezogen. Im Bereich der regenerativen Wärmeerzeugung könnte ein geeignetes Wärmekonzept unter Berücksichtigung und Integration beteiligter Interessengruppen des FBG, auf Basis von gesellschaftsrechtlicher Kooperation zum heutigen Standpunkt, das heißt im laufenden Flurbereinigungsverfahren, noch integriert werden.

Der (bio)energetische Gedanke muss daher möglichst früh in die Durchführungs- und Vorbereitungsphase der Flurbereinigung implementiert werden, damit zum Beispiel noch stärker kooperativ geführte (Bio)Energieprojekte zwischen Landnutzern, unter Berücksichtigung demografischer Effekte dieser Region, abgestimmt werden könnten. So wäre im Untersuchungsgebiet im Vorfeld eine insbesondere auf Wirtschaftsdüngerbasis geführte kooperative BGA mit geringem Flächenbedarf möglich gewesen, wenngleich diese speziell für ein Wärmekonzept wenig geeignet wäre. Diese Anlagentypen haben insbesondere in der Winterzeit einen Eigenwärmebedarf bis zu 100 Prozent. Dennoch hätte sich an dieser Stelle, auch und gerade im Kontext des EEG 2012 eine derartige kooperative Anlage mit Skaleneffekten in abgestimmter Form angeboten. Durch die bereits avisierten Planungen und zum Teil bereits umgesetzten BGA-Vorhaben im Untersuchungsgebiet ist dies nicht mehr möglich. In diesem Zusammenhang hätte auch das Wege- und Wärmenetz im Rahmen der Flurbereinigung unterstützend darauf abgestimmt werden können.

Für Deckung des Wärmebedarfs in Höhe von rund 18 Millionen Kilowattstunden aus energetischer Biomasse würde ein hoher Umfang an landwirtschaftlicher Fläche benötigt. Beispielsweise kann mit der Bioenergiepflanze Miscanthus ein hoher Energieertrag je Hektar erzielt werden (zwischen 47.000 und 95.000 Kilowattstunden pro Hektar). Dennoch würden zum Beispiel bei mittlerem Ertragsniveau mindestens 260 Hektar Ackerfläche mit Miscanthus (ohne Berücksichtigung von Transportverlusten im Nahwärmenetz) zur Deckung des Wärmebedarfs in der Untersuchungsregion benötigt (Tabelle 3). Aufgrund seines Dauerkulturcharakters sowie seiner Wuchshöhe wären jedoch die ökologischen Effekte sowie das dazugehörige Landschaftsbild besonders ins Kalkül zu ziehen.

**Tabelle 3: Wärmeproduktion auf Miscanthusbasis: Flächenbedarf zur Komplettversorgung der Untersuchungsregion in Abhängigkeit des Ertragsniveaus**

Energiebedarf für 100%ige Wärmeabdeckung (GWh)	18,8		
Produktmengenbedarf (t)	4938		
Ertragsniveau	niedrig	mittel	hoch
Ertrag (t/ha)	12,5	18,8	25,0
Flächenbedarf (ha)	395,0	263,3	197,5

Ermittelter Wärmebedarf berücksichtigt Eigenenergiebedarf der Anlage in Höhe von drei Prozent; Ertragsdaten nach 22; Brennstoff: Produktionsmenge x Energieertrag [3,8 Kilowattstunde pro Kilogramm FM oder 13,6 Megajoule pro Kilogramm FM]

**Quelle:** eigene Berechnungen

Ein starker Ausbau von Bioenergie würde unter Berücksichtigung traditioneller landwirtschaftlicher Produktionsausrichtungen zu einer verstärkten Nutzungskonkurrenz der Rohstoffe – Energie versus Nahrungs- versus Futtermittel – führen<sup>11)</sup>. Im Untersuchungsgebiet besteht grundsätzlich Konkurrenz um die Ressource Fläche, die sich sowohl bei Ausbau der Bioenergieproduktion (und bei Bedarf auch regenerativer Energie wie solare Freiflächenanlagen) als auch bei weiterem Ausbau der Tierhaltung verstärken wird. Ein intensiver Ausbau der Bioenergie könnte für das Untersuchungsgebiet bedeuten, dass zukünftig entweder die Tierhaltung eingeschränkt werden müsste oder der Erhalt des aktuellen Tierbestandes den Zukauf von Futtermitteln erfordert.

#### 4 Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Ausgestaltung einer energieorientierten Flurbereinigung

Grundsätzlich sollte bei einer Flurbereinigung berücksichtigt werden, welche Hauptziele verfolgt werden sollen: zum Beispiel Flächennutzung im Flurbereinigungsgebiet für die Nahrungsmittel- oder Energieproduktion bei jeweils anzustrebender Mindestrendite oder unabhängig hiervon der ausschließlich monetäre Anreiz möglichst hoher oder maximaler betriebswirtschaftlicher Renditen. Dabei geht es auch um die Klärung der "moralischen" Frage, ob eine Indifferenz bei den Bewirtschaftern und der (unmittelbaren) Gesellschaft besteht, inwieweit die Flächen im Flurbereinigungsgebiet für Food- oder Non-Food Produkte genutzt werden. Im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung gilt es zunächst vorab zu klären, ob und inwieweit regionale Energieautarkie für die Strom- und/oder Wärmeversorgung angestrebt wird. Hierfür ist die gegenwärtige und zukünftige regionale Energienachfrage zu ermitteln und mit den technischen (wirtschaftlichen) Potenzialen der Produktion regenerativer Energien (das heißt nicht allein der Bioenergie) abzustimmen. Dabei ist die weitere Abstimmung mit anderen regionalen Zielsetzungen, insbesondere zum Beispiel von Naturschutzziele, unentbehrlich.

Daher ist eine frühe Integration aller Akteure im Planungs- und Umsetzungsprozess einer energetischen Flurbereinigung für regenerative Energien im Allgemeinen sowie der Bioenergie im Speziellen von Vorteil. Ansonsten sind Interventionen größerer Gruppen Beteiligter nicht auszuschließen, wie sie zum Teil bei einzelnen Großbau- oder Infrastrukturprojekten verstärkt in jüngster Zeit im Bundesgebiet festzustellen waren. Die Vorabanalyse energetischer Maßnahmeoptionen im Zusammenhang mit einer regional avisierten Flurbereinigung zeigt sich als geeignetes Ergänzungsinstrument, um die zuvor angesprochenen Planungsmaßnahmen zur Abstimmung aller Akteure vornehmen zu können. Geplante Flächennutzungsintensitäten sowie Flächennutzungsarten können zu einer angemessenen Abstimmung von Flächenbewirtschaftern, Energieproduzenten und -konsumenten sowie Landschaftsnutzern führen. Die Flankierung einer Flurbereinigung durch Analysen zur Versorgung mit regional erzeugten regenerativen Energien ermöglicht auch eine Planung sowie den Vergleich einzelner Energiegestehungskosten.

Damit haben auch die Verbraucher vor Ort eine geeignetere Entscheidungsbasis, welche der verfügbaren regenerativen Energien auch aus der Perspektive der Zahlungsfähigkeit oder Zahlungsbereitschaft opportun erscheint. Aus dieser Perspektive wird die Energieproduktion durch Wind, Sonne oder auch Wasser vielfach den Vorzug vor der Bioenergie erhalten. Allerdings sind dabei auch die Bedingungen flexibler Einspeisungen oder von Spitzenlasten zu berücksichtigen, die im Rahmen dieser Studie nicht expliziter Gegenstand der Analyse waren. An dieser Stelle kann Bioenergie teilweise erhebliche Vorteile aufweisen. Mit dem Vorabwissen um diese Zusammenhänge können im Rahmen der Flurbereinigung optimierte Energieversorgungsnetze und Verkehrswege antizipiert sowie der Umwelt- und Naturschutz ausreichend integriert werden. Damit kann eine hohe Akzeptanz aller regionalen Akteure im Kontext einer angemessenen regionalen Energieversorgung noch besser induziert werden. Allerdings erfordert diese Vorgehensweise eine Initiierung energetischer Planungs- und Maßnahmeoptionen im frühestmöglichen Zeitpunkt einer Flurbereinigungsplanung bei gleichzeitiger Integration von Flächennutzungsoptionen der maßgeblichen Regionen.

Eine frühe Erörterung potenzieller Standorte für Energiegewinnungsanlagen (orientiert unter anderem zum Beispiel an Einspeise-/Abnahmemöglichkeiten) ermöglicht eine rechtzeitige Berücksichtigung in der Planung des Wegenetzes sowie in der Flächenverteilung bei Flurbereinigungsmaßnahmen. Auch die Stadt- oder Ortsplanung mit den Bauämtern ist ausreichend zu integrieren, um die Energieversorgung mit den zukünftig erforderlichen Energiemengen und Anforderungsprofilen der regionalen Energienutzer optimal abzustimmen.

Auf Basis dieser Informationen können im Rahmen eines Flurbereinigungsverfahrens optimale Flächenzuteilungen oder Flächenzuschnitte in Abhängigkeit tragfähiger Transaktionskosten erfolgen und optimale Standorte der Produktion von Bioenergien oder auch regenerativer Energien im Allgemeinen (zum Beispiel auch für Wind- oder Photovoltaikanlagen) mit gegebenenfalls kollektiven Eigentumsrechten ausgewiesen werden. Sofern sich daraus eine "win-win"-Situation ergibt, hätte dieser Kollektivgedanke eine hohe Zustimmungsrate. Damit können Transportwege unter anderem für Transporte von Biomassen für die Bioenergie optimiert werden (Art und Lage der Transportwege) und bei Bedarf der Leitungsbau für Nahwärme- oder Mikrogasnetze oder sogar auch für kurze "Wirtschaftsdüngerleitungen" im Rahmen kollektiver Biogasanlagen erleichtert werden. Die Etablierung kooperativ geführter (Energiegewinnungs-)Anlagen (beispielsweise als Genossenschaft, GbR und GmbH & Co. KG) kann wahrscheinlicher werden und sollte im Rahmen des Flurbereinigungsverfahrens durch die ausführende Behörde konkret unterstützt werden. In Tabelle 4 sind Eckpunkte für die Planung gemeinschaftlicher Energieanlagen zusammengefasst.

Weiterhin könnten im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung häufig auftretende Folgen der Bioenergieproduktion beispielsweise höhere Pachtpreise vermieden und die betriebswirtschaftliche Ausgestaltung durch signifikante Reduktion von Logistikkosten optimiert werden. Folglich würde die regionale Wettbewerbskraft weniger nachhaltig tangiert. Ein starker Wettbewerb zwischen regenerativer Energieerzeugung und landwirtschaftlicher Produktion sollte vermieden werden. Es muss ein Interessenausgleich zwischen nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktion und Energieerzeugung geschaffen werden.

**Tabelle 4: Wichtige Planungspunkte für (gemeinschaftliche) Energieanlagen im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung**

Zielfestlegung	- Strom- und/oder Wärmeversorgung
Anlagenwahl	- Nutzungskonzept Strom / Wärme - Rohstoffpotenziale (Lieferanten) - technische Dimensionierung - Wirtschaftlichkeitsanalyse
Standortwahl	- Akzeptanz der Öffentlichkeit - Eigentums- / Pachtverhältnisse - Beteiligung des (der) Eigentümer(s) - Abnahmesicherung - spezifische Gegebenheiten vor Ort (u.a. Naturschutz)
Projektpartnerwahl	- Akteure (Landwirte, Energieunt., Kommune) - Anzahl der Beteiligten - Vertragsregelungen - geeignete Kooperations-/Rechtsform - Leitung und Krisenmanagement
Finanzierung	- Finanzierungskonzept - Beteiligungskonzept (von Rechtsform unabhängig) - Förderungsmöglichkeiten - Risikoanalyse
Rohstoffkonzept	- Potenziale - Produktion (Vertragslaufzeit, Pacht Klauseln usw.) - Risikoanalyse (Rohstoffpreise, Erträge) - Logistik
Ergebnisregelung	- Auszahlungsmodalitäten (monetär, physisch) - abhängig von Rechtsform und Verträgen - Handelbarkeit, Übertragung von Beteiligungen

**Quelle:** eigene Darstellung

Die Produktion energetischer Biomassen ist äußerst flächenintensiv. Die Energiedichte ist im Vergleich zu anderen Energieträgern (Windkraft- oder Solaranlagen) wesentlich geringer. Allerdings ist die Bioenergie trotz des hohen Flächenbedarfs ein notwendiger Bestandteil in der Energiebereitstellung aus regenerativen Quellen, da aufgrund bislang unzureichender Speichermöglichkeiten nur die Bioenergie kontinuierliche Strom- und Wärmebereitstellung im Vergleich zu direkt wind- und sonnenabhängigen Quellen leisten kann.

Daher ist es sinnvoll, für die Energieproduktion für die Strom- und Wärmeversorgung verschiedene regenerative Energiequellen zu nutzen. Weiterhin stellt auch der jahreszeitlich bedingte unterschiedliche Energiebedarf, sowohl bei Strom als auch bei Wärme, bei der kontinuierlichen Versorgung noch eine Herausforderung dar. Bislang befinden sich mögliche Speicheroptionen noch in der Entwicklung (4, 5). Ein optimaler Energiemix auf Basis der technischen und wirtschaftlichen Potenziale aller regionalen regenerativen Energien sollte so abgestimmt werden, so dass letztlich auch eine höchstmögliche gesellschaftliche Übereinstimmung einer Vor-Ort-Energieproduktion möglich ist. Dies betrifft zum Beispiel die Art der Energieproduktion, den Ort der Energieproduktion sowie ihren Umfang. Hierfür sind Flurneuordnungsämter auch zukünftig von wesentlicher Bedeutung.

Die Erweiterung der Flurbereinigung um die Betrachtung der energetischen Nutzung orientiert sich somit sowohl

an privaten als auch an staatlichen Interessen. Hierbei ist das eigentliche Flurbereinigungsverfahren nicht nur mit den Aspekten energetischer Landnutzung zu erweitern, sondern auch an die Orts- und Regionalplanung zu koppeln: diese entscheidet über den zukünftigen Energiebedarf vor Ort und stellt weitere Energiegewinnungsmöglichkeiten beispielsweise Dachflächen für die Installation von solarer Energienutzung (PV und Solarthermie), Standorte für Windenergieanlagen oder auch Randbedingungen für eine thermische Nutzung des Untergrundes zur Verfügung oder muss diese zur Verfügung stellen, wenn das Flurbereinigungsverfahren zeigt, dass keine ausreichende Energieversorgung durch landwirtschaftliche Flächen sichergestellt werden kann, sofern dies überhaupt für erforderlich erachtet wird.

In der Summe kann der volkswirtschaftliche Nutzen einer auch energetisch motivierten Flurbereinigung die höheren Kosten im Vergleich zu einer Flurbereinigung ohne Berücksichtigung energetischer Kalküle überkompensieren.

## Zusammenfassung

Die Gewährleistung einer sicheren und zukunftsfähigen Energieversorgung in Deutschland ist ein zentrales Ziel der Bundesregierung. In Folge dessen wird in vielen Kommunen die Produktion erneuerbarer Energien verstärkt ausgebaut. In einem Forschungsvorhaben wurde vor diesem Hintergrund untersucht, inwiefern Flurbereinigungsverfahren einen Beitrag zur gesellschaftlich akzeptierten Energiebereitstellung leisten können. Im Rahmen einer energetischen Flurbereinigung gilt es zunächst vorab zu klären, ob und inwieweit regionale Energieautarkie für die Strom- und/oder Wärmeversorgung angestrebt wird. Hierfür ist die gegenwärtige und zukünftige regionale Energienachfrage zu ermitteln und mit den technischen (wirtschaftlichen) Potenzialen der Produktion regenerativer Energien (das heißt, nicht allein der Bioenergie) abzustimmen. Dabei ist die weitere Abstimmung mit anderen regionalen Zielsetzungen, zum Beispiel von Naturschutzzielen, als auch mit verschiedenen Interessengruppen bezüglich Akzeptanz sowie deren Abnahme- und Produktionsbereitschaft von erneuerbaren Energien unentbehrlich. Der energetische Gedanke muss möglichst früh in der Vorbereitungsphase der Flurbereinigung implementiert werden. Gründe hierfür sind neben der Erörterung günstiger Energiegestehungskosten sowie potenzieller Standorte der Energieproduktion und ein darauf abgestimmtes Flächen-, Wege- als auch (Energie-)Einspeisungsnetz auch die Klärung von Eigentumsverhältnissen, insbesondere bei gemeinschaftlichem Anlagenbau. Die Erweiterung einer Flurbereinigung um die Betrachtung der energetischen Nutzung orientiert sich somit sowohl an privaten als auch an staatlichen Interessen. Hierbei ist das eigentliche Flurbereinigungsverfahren nicht nur mit den Aspekten energetischer Landnutzung zu erweitern, sondern auch an die Orts- und Regionalplanung zu koppeln. Diese entscheidet über den zukünftigen Energiebedarf vor Ort und stellt weitere Energiegewinnungsmöglichkeiten zur Verfügung. In der Summe kann der volkswirtschaftliche Nutzen einer auch energetisch motivierten Flurbereinigung die höheren Kosten im Vergleich zu einer Flurbereinigung ohne Berücksichtigung energetischer Kalküle überkompensieren.

## Summary: "Energetic land consolidation": Renewable energy for supplying sustainable regional energy and municipal value added within the context of a land-consolidation arrangement

Securing reliable and sustainable energy supply for the future is one main objective of the German Federal Government. As a consequence, many municipalities implement local production of renewable energies more vigorously. In the light of the above, a research project has investigated in how far land consolidation arrangements can contribute to a socially accepted renewable energy supply. To begin with, in the context of 'energetic land consolidation' a commune needs to assess if, and to what extent, local/regional energy self-sufficiency (autarky) of power and/or heat supply is pursued. To this end, local/regional current and future energy demand must be identified and compared to technical (economical) production potentials of renewable energy (this does not only refer to bio-energy). In this context, consideration of further objectives of local interests, such as nature conservation projects, but also of objectives of various stakeholders with a view to acceptability and their readiness to consume as well as to produce renewable energies is essential. The 'energetic concept should be implemented at the earliest possible stage, when the land consolidation is still in the preparatory phase. Besides an analysis of low energy production costs and potential energy production sites in combination with an adapted plot, road and energy supply network, the reasons for an implementation early

in the planning process are the definition of ownership structures, in particular in the case of collaborative energy plant constructions. Extension of land consolidation so as to include the idea of implementing energetic aspects comprises private as well as public interests. Also, traditional land consolidation does not only have to be extended to include energetic aspects but also needs to extend to be linked to regional development planning. The latter determines future regional energy demand and provides possible/further sources for energy production. In total, the overall economic benefits of 'energetic land consolidation' can compensate the higher transaction costs incurred in comparison to a traditional land consolidation process.

## Résumé: "Remembrement énergétique": l'énergie renouvelable pour un approvisionnement durable en énergie régionale et création améliorée de valeur communale dans le contexte d'un procédé de remembrement

Etant donné que la garantie d'un approvisionnement en énergie durable, pérennisée en Allemagne est un des buts principaux du gouvernement allemand, la production d'énergie renouvelable est intensifiée dans beaucoup de communes. Sur ce fond et dans le cadre d'un projet de recherche, une étude a analysé à quel point des procédés de remembrement peuvent contribuer à l'approvisionnement énergétique et s'ils seraient acceptés par la société ou non. De prime abord, dans le cadre d'un remembrement énergétique, il faut clarifier si et à quelle mesure on vise une autosuffisance énergétique régionale en ce qui est approvisionnement en énergie électrique et/ou thermique. Il faudra donc déterminer et la demande en énergie régionale actuelle et celle dans l'avenir pour les harmoniser ensuite avec les potentiels techniques (économiques) de production énergétique renouvelable (c'est-à-dire non seulement ceux de la bioénergie). Aussi faudra-t-il l'harmonisation indispensable avec d'autres objectifs régionaux dans le domaine de la protection de la nature, par exemple, et avec des groupes d'intérêts quant à l'acceptation et la volonté d'achat et de production d'énergie renouvelable. L'idée énergétique doit être prise en considération le plus tôt possible au cours de la phase préparatoire du processus de remembrement pour des raisons comme les coûts modérés de la production énergétique, les potentiels locaux de production d'énergie et un réseau y convenant de surfaces, de voies de transport et d'alimentation ainsi que la clarification de condition de propriété, surtout dans le cas de la construction d'équipement communautaires. L'inclusion, dans un remembrement, d'aspects relatifs à une utilisation énergétique prend donc en considération des intérêt privés aussi bien que des intérêts publics. En plus, le processus de remembrement propre doit également être combiné avec les aspects de la planification urbaine et régionale. Cette elle qui détermine les besoins énergétiques sur place et qui offre d'autres possibilités d'exploitation énergétiques. En somme, le profit économique d'un remembrement réalisé en prenant compte aussi de critères énergétiques peut sur-compenser les coûts plus élevés que ceux d'un remembrement effectué sans inclure les calculs énergétiques.

---

### FUSSNOTEN

- 1)** Das Forschungsvorhaben wurde durch die Stadt Crailsheim, insbesondere durch Baubürgermeister Herbert Holl initiiert und durch das Steinbeis-Forschungsinstitut Solites und die Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung ausgeführt. Das Projekt wurde durch die Stadt Crailsheim und dem Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg finanziell gefördert.
- 2)** Die regenerative Kraftstoffbereitstellung wird in diesem Beitrag vernachlässigt, da sie vergleichsweise als wenig relevant im Rahmen eines Flurbereinigungsvorhabens eingestuft wird. Biotreibstoffe werden erstens in der Regel zentral erzeugt und zweitens müssen keine wesentlichen Voraussetzungen des Anbaus von Biomassen vorliegen, wie es bei Strom und Wärme aus Bioenergie der Fall ist. Die Strom- und Wärmeproduktion spielt unter anderem aufgrund ihrer Transportkostensensitivität eine viel größere Rolle für eine Flurbereinigung.
- 3)** Die Befragung der Landbewirtschafter (Landwirte) wurde auf Basis eines einheitlichen Fragebogens in einem persönlichen Interview durchgeführt. Insgesamt wurden 25 Landwirte befragt, wovon 15 Landwirte (Haupt- und Nebenerwerb) direkt im Flurbereinigungsgebiet ansässig sind. Die Befragung der Flächeneigentümer (Nicht-

Landwirte) erfolgte schriftlich, die Rücklaufquote betrug bei über 300 versendeten Fragebögen bei etwa 18 Prozent. Bezüglich Aussagekraft der nachfolgend aufgeführten Ergebnisse ist zu erwähnen, dass die Eigentumsfläche der Befragungsteilnehmer (Landwirte und Nicht-Landwirte) mehr als 50 Prozent des gesamten Flurbereinigungsgebiets ausmacht.

- 4) Die Düngung unvergorener und vergorener Gülle führt zu einer vergleichbaren Humusproduktion oder sogar zu einer höheren Humusreproduktionsleistung der Biogasgülle im Vergleich zu unvergorenen Wirtschaftsdüngern (25).
- 5) Unterstellter Fruchtfolge-/Anbaumix nach Priorität: 1. Miscanthus auf 30 Prozent der Ackerfläche (es zeichnete sich ein erheblicher Wärmebedarf in der Kommune ab, der durch Miscanthus gedeckt werden könnte. Miscanthus kann neben Holz eine für Ackerflächen geeignete, alternative Pflanze zur Wärmeversorgung darstellen, vgl. hierzu 29), 2. Silomais auf maximal 33 Prozent der verbleibenden Ackerfläche, wobei zusätzlich auf ein Viertel der gesamten Silomaisfläche GPS als Vorfrucht kultiviert wird, 3. Getreide auf maximal 75 Prozent der verbleibenden Ackerfläche, wovon 50 Prozent der angebauten Getreidestrohfläche der Bioenergieproduktion zugesprochen werden, 4. Raps auf den restlichen Flächen (ohne energetische Verwertung vor Ort für Strom oder Wärme).
- 6) Es wurden vereinfachend die jährlich insgesamt benötigten Wärme- und Strommengen analysiert. Es erfolgte keine weitere Differenzierung des jeweiligen Energiebedarfs nach Grund-, Mittel- und Spitzenlasten.
- 7) Das Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik beim BMELV (30) analysiert die wichtigsten Bioenergie-Linien nach wirtschaftlichen Parametern und klimapolitischen Beurteilungsindikatoren.
- 8) Die gemäß 20 ermittelten Werte werden teilweise kritisch gesehen, da eine Tendenz zur Unterschätzung der Energieleistungen einzelner Kulturen erkennbar ist (vgl. dazu 3).
- 9) In der Praxis werden vielfach Volllaststunden von mehr als 8.000 Stunden erreicht, die die Stromgestehungskosten entsprechend reduzieren (vgl. unter anderem 12).
- 10) Bei den KTBL-Berechnungen werden die Kosten der Substratlagerung (zum Beispiel Fahrsilo) den Substratkosten und nicht den Investitionskosten der Anlage zugeschrieben.
- 11) Zukünftig wäre auch eine zunehmende Konkurrenz zur stofflichen Nutzung nicht auszuschließen.

## LITERATUR

1. Agentur für erneuerbare Energien, 2012: Akzeptanz erneuerbarer Energien. Auf: ► <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/panorama/akzeptanz-erneuerbarer-energien.html> (Zugriff Juli 2012)
2. BMELV, 2012: Wege zum Bioenergiedorf - Bausteine einer nachhaltigen Energieversorgung. Auf ► <http://www.wege-zum-bioenergiedorf.de/bioenergiedoerfer/> (Zugriff Juli 2012)
3. DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum), 2012: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht zur EEG-Periode 2009 bis 2011. März 2012. Auf: ► [http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/36204.php](http://www.erneuerbare-energien.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/36204.php) (Zugriff Juni 2012)
4. dena (Deutsche Energie-Agentur), 2012: Strom speichern. Auf: ► <http://www.powertogas.info/power-to-gas/strom-speichern.html> (Zugriff Juli 2012)
5. DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.), 2012: Ausbau erneuerbarer Energien - Innovationen in der Gaswirtschaft: das Forschungscluster Power-to-Gas. Vortrag von Dr. Jürgen Lorenz, 13. Juni 2012 im Rahmen der dena Konferenz Power to Gas innovative Systemlösungen für ein zukunftsfähiges Energiesystem entwickeln. Auf: ► <http://www.powertogas.info/service/rueckblick-dena-veranstaltungen/konferenz-power-to-gas.html> (Zugriff Juli 2012)
6. EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) 2004 auf: ► [http://www.bgbl.de/Xaver/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBI&bk=Bundesanzeiger\\_BGBI&start=//%5B@attr\\_id=%27bgbl104s1918.pdf%27%5D](http://www.bgbl.de/Xaver/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&bk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//%5B@attr_id=%27bgbl104s1918.pdf%27%5D)

7. EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) 2009 auf: ► [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2009/gesamt.pdf) (Zugriff Mai 2010)
8. EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) 2011 auf: ► [http://www.bgbl.de/Xaver/start.xav?startbk=Bundesanzeiger\\_BGBI&bk=Bundesanzeiger\\_BGBI&start=//%5B@attr\\_id=%27bgbl104s1918.pdf%27%5D](http://www.bgbl.de/Xaver/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&bk=Bundesanzeiger_BGBI&start=//%5B@attr_id=%27bgbl104s1918.pdf%27%5D) (Zugriff August 2011)
9. EU-Richtlinie 2009/28/EG auf ► <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:de:PDF> (Zugriff Mai 2010)
10. FlurbG (Flurbereinigungsgesetz) auf ► <http://www.gesetze-im-internet.de/bundes-recht/flurbg/gesamt.pdf> (Zugriff Mai 2010)
11. Flurneuordnungsamt Landkreis Schwäbisch Hall, 2012: Karten- und Datenmaterial FBG
12. FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.), 2009: Biogas-Messprogramm II. 1. Auflage. Hrsg. Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., Gülzow.
13. FNR, 2010: Biogas - Basisdaten Deutschland. Stand: Juni 2010. Hrsg. Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., Gülzow. Auf: ► [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_185-v8-basisdaten\\_biogas\\_2010\\_finale-fassung.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_185-v8-basisdaten_biogas_2010_finale-fassung.pdf) (Zugriff Oktober 2010)
14. FNR, 2010: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Hrsg. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V., 3. veränderte und erweiterte Auflage, März 2010.
15. Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE, 2010: Studie Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Auf: ► <http://www.ise.fraunhofer.de/veroeffentlichungen/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien/view> (Zugriff Juli 2012).
16. Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE, 2012: Studie Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Auf: ► <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.pdf/view> (Zugriff April 2011).
17. Interdisziplinäres Zentrum für Nachhaltige Entwicklung (IZNE) der Universität Göttingen, 2007: Bioenergiedörfer – Dörfer mit Zukunft. ► [http://www.bioenergiedorf.info/file-admin/user\\_upload/07-08\\_Brosch\\_FCre\\_IZNE\\_v2.pdf](http://www.bioenergiedorf.info/file-admin/user_upload/07-08_Brosch_FCre_IZNE_v2.pdf) (Zugriff Juli 2012)
18. Klare, K.; Roggendorf, R.; Tietz, A.; Wollenweber, I., 2005: Untersuchungen über Nutzen und Wirkungen der Flurbereinigung in Niedersachsen. Arbeitsbericht 1/2005 der FAL Braunschweig.
19. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft), 2010: Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. 22. Auflage. Hrsg. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
20. KTBL Kostenrechner Energiepflanzen, auf ► <http://daten.ktbl.de/energy/> (Zugriff April 2011)
21. KTBL Wirtschaftlichkeitsrechner Biogas, auf: ► <http://daten.ktbl.de/biogas/startseite.do?zustandReq=1&selectedAction=substrate#start> (Zugriff April 2011)
22. KTBL, 2006: Energiepflanzen. Hrsg. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
23. KTBL, 2009: Faustzahlen Biogas. 2. Auflage, Verlag KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
24. LEL (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der Ländlichen Räume), 2010: Landwirtschaftliche Betriebsverhältnisse und Buchführungsergebnisse Wirtschaftsjahr 2008/09, Heft 58 (erschienen 02/2010).
25. Reinhold, G.; Zorn, W., 2008: Eigenschaften und Humuswirkung von Biogasgülle. In: Kongressband 2008 Jena - Vorträge zum Generalthema: Erhöhte Biomassenachfrage – eine neue Herausforderung für die Landwirtschaft. VDLUFA Schriftenreihe 64, VDLUFA-Verlag Darmstadt, S.404-409. Auf: ► [http://www.vdlufa.de/download/Kongressband\\_Jena.pdf](http://www.vdlufa.de/download/Kongressband_Jena.pdf) (Zugriff Juli 2012)

26. Renewable Energy Concepts, 2011: ► <http://www.renewable-energy-concepts.com/german/son-nenenergie/sonnenkarten/sonnenkarte-europa-gs/deutschland.html> (Zugriff Juli 2011)
27. Solites (Steinbeis-Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme), 2012: Abschlussbericht "Energetische Flurbereinigung". Bericht Teil B. Bislang unveröffentlicht.
28. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2010. Auf: ► <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Landwirtschaft/> (Zugriff November 2010)
29. TLL (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft), 2011: Miscanthus - 15 Jahre Thüringer Ergebnisse. Juni 2011. Auf: ► <http://www.tll.de/ainfo/pdf/misc0611.pdf> (Zugriff April 2012)
30. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2007: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik. Auf: ► <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Ministerium/Organisation/Beiraete/Veroeffentlichungen/NutzungBiomasseEnergiegewinnungVorwort.html> (Zugriff im Februar 2008)

## Autorenanschrift

Dr. Nicole Schönleber und Prof. Dr. Enno Bahrs, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre (410B), Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, Deutschland

► [Nicole.Schoenleber@uni-hohenheim.de](mailto:Nicole.Schoenleber@uni-hohenheim.de)