

Potenziale der energetischen Nutzung von Biomasse in der Steiermark

Julia Grill, Andreas Hammer, Harald Raupenstrauch

Lehrstuhl für Thermoprozesstechnik, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18,
8700 Leoben, julia.grill@unileoben.ac.at, tpt.unileoben.ac.at

Kurzfassung: Die landwirtschaftliche Produktion von Biomasse zur energetischen Nutzung birgt hohes Potenzial zur dezentralen Versorgung mit Energie. Um verschiedene Szenarien in der Energiegewinnung aus Biomasse definieren zu können, wird das theoretische Potenzial einzelner Kulturarten unter Berücksichtigung des Energieertrags der jeweiligen Pflanzenanteile, die primär zur Energieproduktion verwendet werden, sowie des Stroh- und der in den Produktionsverfahren anfallenden Reststoffe ermittelt.

Keywords: Energiegewinnung, Biomasse, Potenzial, Steiermark

1 Ziele der Studie

Einen wichtigen Rohenergieträger stellt in der Steiermark die Biomasse dar. Sowohl in der forstwirtschaftlichen, als auch in der landwirtschaftlichen Produktion liegt erhebliches Potenzial für die Gewinnung unterschiedlicher Energieformen. Neben Holz als Festbrennstoff zu Wärmeerzeugung, können Erträge und Pflanzen- oder Produktionsreststoffe zur Erzeugung von Biodiesel, Biogas oder Wärme eingesetzt werden.

Im Rahmen des Projektes DEZENT unter der Projektleitung von Joanneum Research Resources werden in dieser Studie folgende in der Steiermark angebaute Energiepflanzen gezielt auf ihre energetische Nutzbarkeit untersucht: Raps, Mais, Weizen und Miscanthus. Reststoffe, z.B. das bei der Ernte anfallende Stroh oder der bei der Ölpresung entstehende Presskuchen, können ebenfalls energetisch verwertet werden und sind im Gesamtenergieertrag der einzelnen Kulturen miteinbezogen.

2 Derzeitiger Stand der Forschung

2.1 Technologien

Technologisch wird Rapsaat durch Umesterung in Biodiesel, Weizenkorn durch ethanolische Vergärung in Bioethanol und Mais durch mikrobakterielle Vergärung in Biogas betrachtet. Das bei der Ernte anfallende Stroh der einzelnen Kulturen wird mit dessen Heizwert energetisch bewertet. Die in der Erzeugung von Biotreibstoffen entstehenden Nebenprodukte, in diesem Fall Rapskuchen aus der Biodieselproduktion sowie ethanolische Schlempe aus der Bioethanolproduktion, verfügen ebenfalls über einen beträchtlichen Energieinhalt, der mit der Berücksichtigung der jeweiligen Heizwerte in die Berechnung des Gesamtenergieertrags einfließt.

2.2 Literatur

Auf Bundesland – und Bezirksebene ist vorrangig im ÖROK-Atlas¹ das technische Potenzial von energetisch genutzter Biomasse verzeichnet. Für die Steiermark kann somit ein Gesamtenergieertrag von 20.600 GWh/a (entsprechend 74.160.000 GJ) berechnet werden. Allerdings werden in dieser Studie Energieerträge aus Land- und Forstwirtschaft nicht getrennt ausgewiesen. Landwirtschaftlich genutzte Biomasse wird nur unter der Annahme einer vorrangigen Produktion von Biogas zur Berechnung der erzielbaren Energiemenge herangezogen.

Bereits 2005 wurde vom LEV Steiermark die Studie „Biogaspotentiale der Steiermark“² in Auftrag gegeben, in welcher der maximale Energieertrag aus Biogas aus landwirtschaftlichen Erträgen mit 3.537 GWh/a (12.733.200 GJ) ausgewiesen ist. Hier werden ausschließlich biogasfähige Substrate (Wiesen, Mais, Ölsaatenrückstände) aus im Jahr 2003 vorliegenden Daten zur Berechnung herangezogen, wodurch das errechnete Potenzial starken Einschränkungen unterliegt.

Beide Studien erfordern daher eine detailliertere Betrachtung des energetisch nutzbaren Potenzials an landwirtschaftlicher Biomasse in der Steiermark.

3 Methodik und Szenarienentwicklung

3.1 Datengrundlagen

Sämtliche zur Berechnung benötigten Wasser- und Ölgehalte, Methangaserträge und Heizwerte wurden „Kaltschmitt – Energie aus Biomasse“⁷ entnommen. Davon ausgenommen ist der Energieertrag pro Anbaufläche, der für die Verarbeitung von Winterweizen erzielt werden kann, da hier auf „Kaltschmitt – Regenerative Energien in Österreich“⁹ zurückgegriffen wurde.

3.1.1 Kulturarten, Anbauflächen, Abschätzungen für 2012

Als Vergleichskulturen wurden Winterraps, Silomais, Winterweizen und Miscanthus gewählt.

Aus der Rapssaat wird der Biodieselertrag und dessen Energieinhalt ermittelt, Rapsstroh und der in der Biodieselproduktion anfallende Rapskuchen als sogenannter Reststoff werden über deren Heizwerte in die Berechnung des Gesamtenergieertrags aufgenommen.

Silomais wird als Ganzpflanze einer energetischen Verwertung in Form von Biogas zugeführt. Eine mögliche energetische Verwertung des anfallenden Reststoffs wird in diesem Fall nicht betrachtet.

Für Winterweizen wird das Getreidekorn zur Erzeugung von Bioethanol genutzt und das Weizenstroh sowie die im Prozess anfallende ethanolsche Schlempe über die entsprechenden Heizwerte beurteilt.

Der Energieertrag von Miscanthus wird über den Heizwert der Ganzpflanze berechnet.

Die Anbauflächen in landwirtschaftlicher Bewirtschaftung in der Steiermark wurden der Statistik „Agrarstrukturerhebung 2010 – Bodennutzung“³, die Ernteerträge der Statistik „Feldfruchtproduktion ab 1970“⁴, beide erhoben durch Statistik Austria, entnommen.

Die Anbauflächen für Kulturen, die mittels der Energieprämie der Agrarmarkt Austria (AMA) gefördert und für den Anbau von zur Energiegewinnung genutzter Pflanzen 2009 verwendet wurden, werden in der Veröffentlichung „Energiepflanzen auf Bundesebene 2009“⁵ der AMA bereitgestellt.

Die Menge des anfallenden Strohs für die jeweiligen Kulturen kann, in Abhängigkeit des Flächenertrags, mit Hilfe eines Berechnungsprogramms der Landwirtschaftskammer Österreich („LK-Strohrechner“⁶) ermittelt werden.

3.1.2 Einschränkungen in der Energiegewinnung

Die Energiegewinnung aus Pflanzenstroh ist vor allem durch die zum Teil sehr niedrige Bergequote von Stroh limitiert und entsprechend der Datenlage aus „Kaltschmitt – Energie aus Biomasse“⁷ in der Berechnung der Szenarien 0, 1 und 2 berücksichtigt. Für die Ermittlung des theoretischen Potenzials wurde von der gesamten zur Verfügung stehenden Strohmenge ohne Bergeverluste ausgegangen.

3.2 Szenarienentwicklung

3.2.1 Anbau von Energiepflanzen, Stand 2012 – Szenario 0

Szenario 0 beschreibt die Nutzung landwirtschaftlicher Erzeugnisse für die Energieproduktion im Jahr 2012. Daten der AMA belegen, dass 2009 in der Steiermark auf insgesamt 1.975 ha⁵ Winterweizen, Triticale, sonstige nicht näher spezifizierte Getreidesorten, Körner- und Silomais, Klee gras, Raps, Sonnenblumen, Wiesen und sonstiges Feldfutter sowie Energieholz auf Kurzumtriebsflächen zur Energiegewinnung angebaut wurden. Anhand der durch die Statistik Austria ausgewiesenen Produktionskapazitäten für 2009 und 2012 kann unter der Annahme, dass der Flächenanteil an energetisch genutzter Biomasse der einzelnen Kulturen im Vergleichszeitraum konstant ist, die zur Energiegewinnung verfügbare Biomasse berechnet werden. 2012 wurden auf 2.069 ha⁵ Energiepflanzen abgebaut, das entspricht 1,5 %^{3,5} der Ackerfläche in der Steiermark bzw. 0,5 %^{3,5} der landwirtschaftlich genutzten Fläche (inkl. Dauergrünland).

3.2.2 Anbau einer bevorzugten Kulturart auf entsprechend 2012 zur Verfügung stehender Anbaufläche für Energiepflanzen– Szenario 1

Szenario 1 berücksichtigt die Konkurrenz der energetischen Nutzung von landwirtschaftlicher Biomasse zur Nahrungsmittelproduktion. Daher wird in diesem Fall die maximale Energiegewinnung der ausgewählten Kulturen auf der für Energiepflanzen zur Verfügung stehenden Fläche (2.069 ha⁵) unter der Annahme des Anbaus von Monokulturen ermittelt.

3.2.3 Anbau einzelner Kulturen auf gesamter Ackerfläche – Szenario 2

Könnte hingegen die gesamte Ackerfläche zum Anbau energetisch verwerteter Pflanzen ohne Berücksichtigung der Nahrungsmittelproduktion genutzt werden, steht eine Fläche von 141.498 ha³ zur Verfügung. In Szenario 2 werden die Energieerträge der ausgewählten Kulturen für diesen Fall ermittelt.

3.2.4 Anbau einzelner Kulturen auf gesamter landwirtschaftlicher Nutzfläche – theoretisches Potenzial

Das theoretische Potenzial der Energiegewinnung aus Biomasse, bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (Acker- und Grünland) von insgesamt 407.210 ha³, und unter Berücksichtigung verlustfreier Strohbergequoten stellt den maximal erzielbaren Energieertrag aus Biomasse in der Steiermark dar.

4 Ergebnisse

4.1 Energieerträge pro Fläche für verschiedene Kulturen und Technologien

Winterraps:

Aus der Rapssaat können 59,29 GJ/ha Energie in Form von Biodiesel sowie 27,63 GJ/ha aus Rapsstroh und 42,87 GJ/ha aus dem Rapskuchen durch Verbrennung gewonnen werden. Der Gesamtenergieertrag aus Raps beträgt 129,79 GJ/ha.

Silomais:

Zur Biogasgewinnung aus Silomais liefert die Ganzpflanze einen Energieertrag von 341,85 GJ/ha.

Winterweizen:

Aus dem Getreidekorn können durch Bioethanolerzeugung 56 GJ/ha Energie gewonnen werden. Das Getreidestroh liefert bei Verbrennung 14,21 GJ/ha, die beim Bioethanolprozess anfallende Schlempe enthält weitere 28 GJ/ha Energie. Dadurch wird ein Gesamtenergieertrag von 98,21 GJ/ha erreicht.

Miscanthus:

In Form von Verbrennung liefert die Ganzpflanze 352 GJ/ha an Energie.

In der Tabelle 1 sind für die Kulturen Winterraps (WR), Silomais (SM), Winterweizen (WW) und Miscanthus (MI) die Energieerträge in Form von Biodiesel (BD), Biogas (BG), Bioethanol (BE) oder des Heizwertes (HW) der Wertstoffe (Rapssaat, Weizenkorn), des Stroh und der Reststoffe (Rapskuchen, ethanolische Schlempe) zusammengefasst.

Tabelle 1: Energieerträge pro Fläche für ausgewählte Kulturen und Technologien

Kultur	Pos.	Energie WERTSTOFF		Energie STROH		Energie RESTSTOFF		Gesamtenergie	Literaturquellen
		[GJ/ha]		[GJ/ha]		[GJ/ha]			
WR	1	59,29	BD	27,63	HW	42,87	HW	129,79	[3] bis [8]
SM	2	341,85	BG	-	-	0	k.A.	341,85	[3] bis [7]
WW	3	56,00	BE	14,21	HW	28,00	HW	98,21	[3] bis [6], [9]
MI	4	352,00	HW	-	-	-	-	352,00	[3] bis [5], [7]

Das Diagramm in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** liefert einen Überblick über die Energieerträge in GJ/ha der einzelnen Kulturen (Pos. 1: Winterraps, Pos. 2: Silomais, Pos. 3: Winterweizen, Pos. 4: Miscanthus).

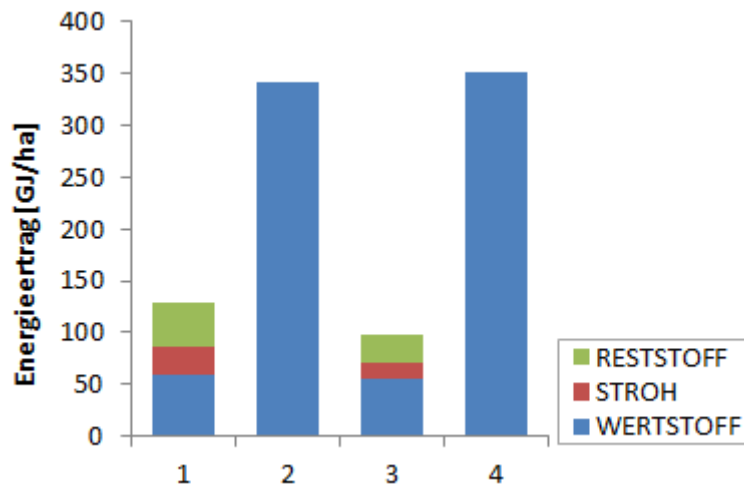


Abbildung 1: Energieerträge pro Fläche für ausgewählte Kulturen und Technologien

4.2 Vergleich der Szenarien für ausgewählte Kulturen und Technologien

4.2.1 Winterraps

Zur Energieproduktion wurde Winterraps 2012 auf einer Fläche von 227 ha in der Steiermark angebaut. Damit standen 13.458 GJ Energie als Biodiesel zur Verfügung. Aus dem energetisch nutzbaren Anteil an Stroh können 6.271 GJ, aus dem ölhaltigen Rapskuchen weitere 9.732 GJ Energie gewonnen werden.

Im Fall von Szenario 1, falls die gesamte in der Steiermark 2009 für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung stehende Fläche mit Raps bepflanzt werden würde, könnten mit den gleichen Verfahren insgesamt 268.539 GJ Energie bereitgestellt werden.

Szenario 2 beschreibt die Nutzung der gesamten Ackerfläche für die Energieproduktion aus Raps, wodurch 18.364.727 GJ Energie erzeugt werden könnten.

Das theoretische Potenzial (TP) für die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche (inklusive Grünland) und einer vollständigen Bergequote von Stroh liegt für den Energiegewinn aus Raps bei 58.908.659 GJ. In diesem Fall könnte das 2000-fache an Energie aus Raps im Vergleich zur Nutzung 2009 gewonnen werden.

Tabelle 2 fasst die Energieerträge des Wertstoffs (Rapssaat), des Strohs und des Reststoffs (Rapskuchen) zusammen. Bezogen auf den Gesamtenergieertrag 2012, beträgt der Energiegewinn für Szenario 1 das 9fache, für Szenario 2 das 623fache und für das theoretische Potenzial das 2000fache.

Tabelle 2: Raps: Energieerträge der einzelnen Szenarien

Szenario	Fläche	Energie	Energie	Energie	Gesamt- energie	Vielfaches
	[ha]	WERTSTOFF [GJ]	STROH [GJ]	RESTSTOFF [GJ]		
0	227	13.458	6.271	9.732	29.461	1
1	2.069	122.670	57.163	88.706	268.539	9
2	141.498	8.389.086	3.909.238	6.066.403	18.364.727	623
TP	407.210	24.142.501	17.307.980	17.458.177	58.908.659	2.000

Die Energieerträge der einzelnen Szenarien sind in Form eines Flächendiagramms in Abbildung 2 dargestellt. Die Größe der einzelnen Flächen ist proportional zum jeweiligen Energieertrag und bezieht sich auf das entsprechende Vielfache der 2012 gewonnenen Energie aus Raps.

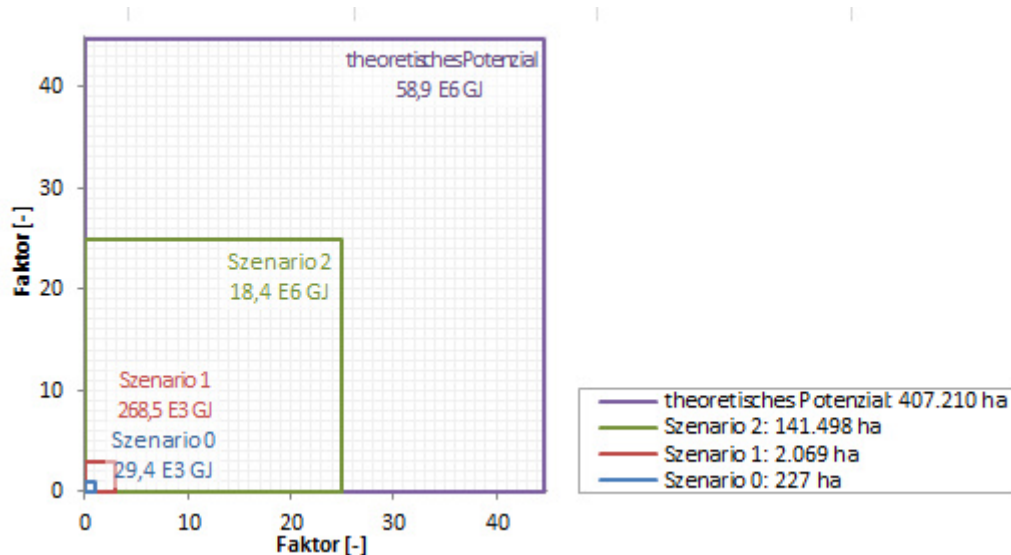


Abbildung 2: Raps: Vergleich der Energieerträge der einzelnen Szenarien

4.2.2 Silomais

Silomais ist die am stärksten zur Energieproduktion genutzte Kultur in der Steiermark. 2012 wurden auf 1300 ha, das entspricht rund 63 % der für Energiepflanzen genutzten Ackerfläche, 444.249 GJ Energie durch Biogaserzeugung aus der Ganzpflanze bereitgestellt.

Würde ausschließlich Mais zur Energieproduktion angebaut, könnten auf der 2012 für Energiepflanzen verfügbaren Ackerfläche 707.301 GJ Energie gewonnen werden (Szenario 1).

Bei Nutzung der gesamten Ackerfläche stünden 48.370.547 GJ an Energie als Biogas zur Verfügung.

Das theoretische Potenzial für die Steiermark liegt für die Nutzung von Mais als Biogas bei 139.203.013 GJ.

In Tabelle 3 sind die Energieerträge aus Biogas für die einzelnen Szenarien zusammengefasst. Da Biogas aus der Ganzpflanze gewonnen wird, beziehen sich die Ernteerträge für Silomais nicht auf die Masse an Korn, sondern auf die Masse an Ganzpflanze (Korn und Stroh), und die gesamte produzierte Energie wird der Kategorie Wertstoff zugeordnet. Für die energetische Nutzung der Reststoffe aus der Biogaserzeugung waren keine Daten bekannt.

Tabelle 3: Silomais: Energieerträge der einzelnen Szenarien

Szenario	Fläche	Energie WERTSTOFF	Energie STROH	Energie RESTSTOFF	Gesamt- energie	Vielfaches
	[ha]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[-]
0	1300	444.249	0	0	444.249	1
1	2.069	707.301	0	0	707.301	2
2	141.498	48.370.547	0	0	48.370.547	109
TP	407.210	139.203.013	0	0	139.203.013	313

Das Diagramm, dargestellt in Abbildung 3, veranschaulicht die Steigerungspotenziale für die Energiegewinnung in Form von Biogas aus Silomais.

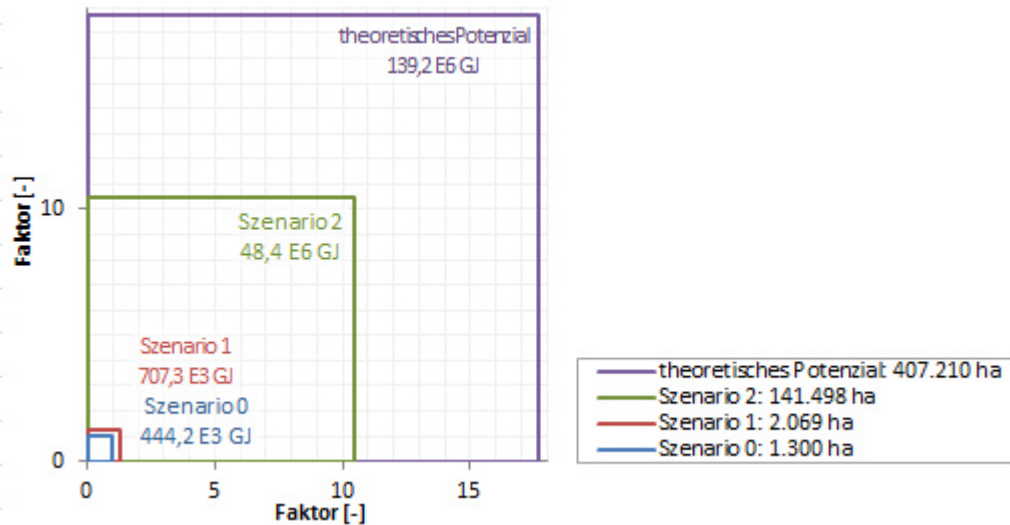


Abbildung 3: Silomais: Vergleich der Energieerträge der einzelnen Szenarien

4.2.3 Winterweizen

Der Anbau von Winterweizen für die Energiegewinnung erfolgte 2012 auf einer Fläche von 24 ha. Dadurch lieferte die Erzeugung von Bioethanol 1.320 GJ, die Verbrennung des Strohs und der ethanolischen Schlempe 335 GJ bzw. 660 GJ an Energie.

Für Szenario 1, also dem bevorzugten Anbau von Weizen auf der für Energiepflanzen zur Verfügung stehenden Ackerfläche, beträgt der Gesamtenergieertrag 203.203 GJ, für die energetische Nutzung der gesamten Ackerfläche (Szenario 2) für Winterweizen

13.896.554 GJ. Das theoretische Potenzial, wobei mögliche Verluste bei der Stroheinbringung unberücksichtigt bleiben, liegt bei 63.137.999 GJ.

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Energieerträge aus Bioethanolerzeugung aus dem Korn (Wertstoff) sowie der Verbrennung des Stroh und der Schlempe (Reststoff) für die einzelnen Szenarien.

Tabelle 4: Energieerträge der einzelnen Szenarien für Winterweizen

Szenario	Fläche	Energie	Energie	Energie	Gesamt- energie	Vielfaches
	[ha]	WERTSTOFF [GJ]	STROH [GJ]	RESTSTOFF [GJ]		
0	24	1.320	335	660	2.315	1
1	2.069	115.868	29.401	57.934	203.203	88
2	141.498	7.923.908	2.010.692	3.961.954	13.896.554	6.004
TP	407.210	22.803.792	28.932.311	11.401.896	63.137.999	27.279

Im Diagramm in Abbildung 4 sind die Gesamtenergieerträge aus der Nutzung von Winterweizen der einzelnen Szenarien dargestellt. Die Flächen der jeweiligen Szenarien entsprechen ihren Vielfachen zur 2012 aus Weizen bereitgestellten Energie.

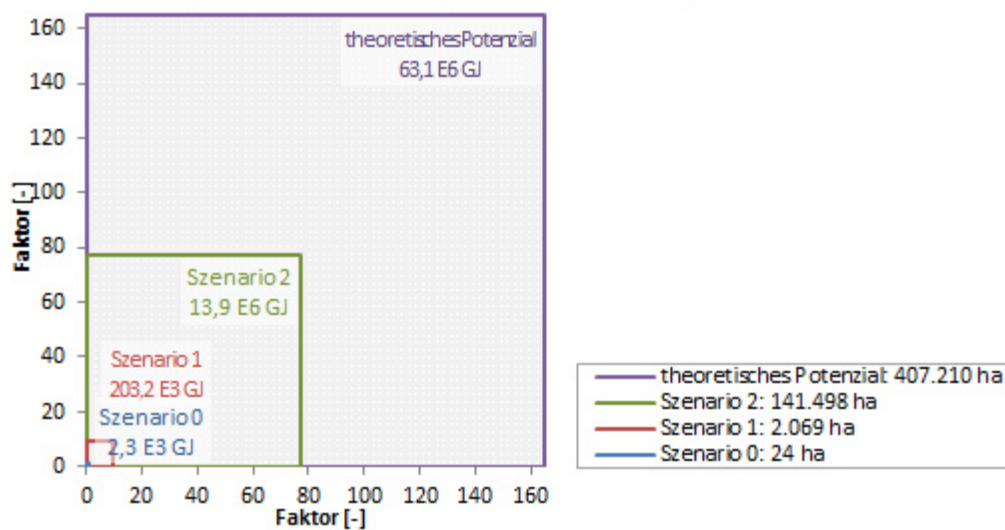


Abbildung 4: Winterweizen: Vergleich der Energieerträge der einzelnen Szenarien

4.2.4 Miscanthus

Die Nutzung von Miscanthus als Energiepflanze lieferte 2012 auf einer Anbaufläche von 69 ha 24.246 GJ in Form von Wärme. Da bei der Energiegewinnung durch Verbrennung die gesamte Pflanze als Wertstoff zu betrachten ist, entfällt der Energieertrag aus Stroh. Im Verbrennungsprozess fällt kein Reststoff an, der weiter energetisch genutzt werden könnte.

Im Fall von Szenario 1, falls die gesamte 2012 zur Energieerzeugung genutzte Ackerfläche für den Anbau von Miscanthus verwendet werden würde, könnte mit einem Gesamtenergieertrag von 728.311 GJ gerechnet werden. Wird die für den Ackerbau

genutzte Fläche ausschließlich für die Energiegewinnung aus Miscanthus herangezogen, stünden 49.807.423 GJ zur Verfügung (Szenario 2).

Das theoretische Potenzial an Energie aus Miscanthus beträgt in der Steiermark 143.338.121 GJ.

Die Energieerträge für Miscanthus für die Szenarien 0, 1, 2 und für das theoretische Potenzial sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: Energieerträge der einzelnen Szenarien für Miscanthus

Szenario	Fläche	Energie WERTSTOFF	Energie STROH	Energie RESTSTOFF	Gesamt- energie	Vielfaches
	[ha]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[-]
0	69	24.246	0	0	24.246	1
1	2.069	728.311	0	0	728.311	30
2	141.498	49.807.423	0	0	49.807.423	2.054
TP	407.210	143.338.121	0	0	143.338.121	5.912

Das Diagramm, dargestellt in Abbildung 5, zeigt die Gesamtenergieerträge der einzelnen Szenarien, dargestellt als Flächenverhältnisse, bezogen auf die Energiegewinnung aus Miscanthus für das Jahr 2012.

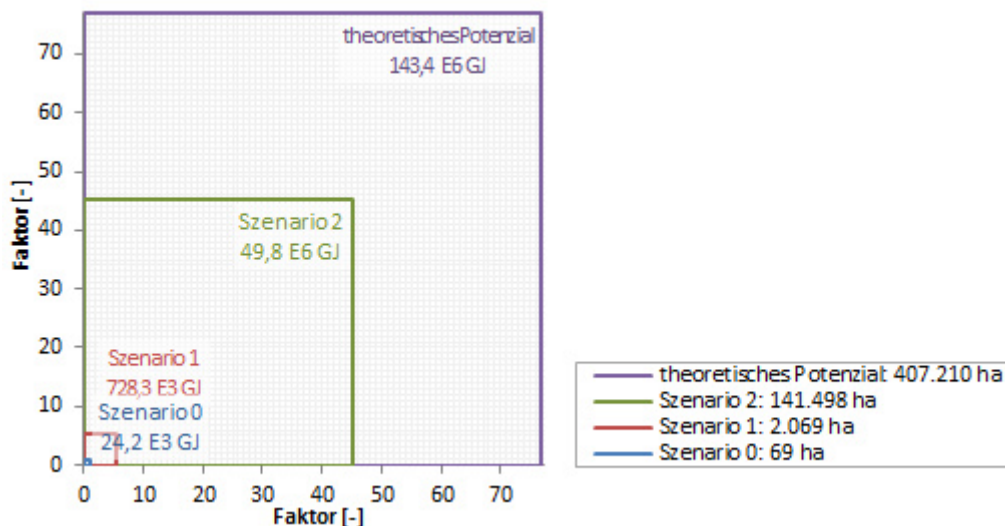


Abbildung 5: Miscanthus: Vergleich der Energieerträge der einzelnen Szenarien

5 Zusammenfassung

2012 wurden auf rund 0,5 % ^{3,5} der landwirtschaftlichen Fläche energetisch verwertete Kulturen angebaut. Damit steht die Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung in geringer Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion.

Unter Berücksichtigung von Ernterückständen könnte auf der für den Feldfruchtanbau genutzten Fläche ein Gesamtenergieertrag von 118.364.727 GJ beim Anbau von Raps,

48.370.547 GJ beim Anbau von Mais, 13.896.554 GJ beim Anbau von Weizen und 49.807.423 GJ beim Anbau von Miscanthus erreicht werden.

Das theoretische Potenzial an Energie aus landwirtschaftlicher Biomasse ist für Miscanthus mit 143.338.121 GJ am höchsten, gefolgt von Biogas aus Mais mit 139.203.013 GJ.

Stroh kann unter Annahme realistischer Bergequoten zum Gesamtenergieertrag mit 14 % und 21 % für Weizen bzw. Raps beitragen. Durch eine Reduktion der Ernteverluste ist hier das energetisch verfügbare theoretische Potenzial allerdings weitaus höher.

Nebenprodukte aus der Biodiesel- und Bioethanolproduktion liefern ebenfalls einen erheblichen Anteil am Gesamtenergieertrag. Für Rapskuchen kann mit 42,87 GJ/ha Raps, für die ethanolische Schlempe aus Bioethanol mit 28 GJ/ha Weizen gerechnet werden.

6 Literatur

- [1] ÖROK Schriftenreihe Nr. 178 (2009), Energie und Raumentwicklung – Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger – Wien
- [2] Landesenergieverein Steiermark (2005), Biogaspotentiale der Steiermark – Graz
- [3] Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2010 – Bodennutzung
<http://statcube.at/superwebquest/login.do?guest=guest&db=deas1001>
abgerufen am 4.11.2013
- [4] Statistik Austria, Feldfruchtproduktion ab 1970
<http://statcube.at/superwebquest/login.do?guest=guest&db=depffeld>
abgerufen am 4.11.2013
- [5] Agrarmarkt Austria, Energiepflanzen Flächenwidmung auf Bundeslandebene, 2009
http://www.ama.at/Portal.Node/public.?gentic.rm=PCP&gentic.pm=gti_full&p.contentid=10008.74190&EPF_Bundesl_09.pdf
abgerufen am 4.11.2013
- [6] Landwirtschaftskammer Österreich, Strohrechner
<http://www.lko.at/?id=2500,1613602>,
abgerufen am 19.11.2013
- [7] Kaltschmitt (2009), Energie aus Biomasse, Springer
- [8] BGBl Teil 1, 2008, Nr. 49, Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften
[http://www.bgbl.de/Xaver/text.xav?start=%2F%2F*\[%40attr_id%3D%27bgbl108s2074.pdf%27\]&skin=pdf&bk=Bundesanzeiger_BGBl&tf=xaver.component.Text_0&hlf=xaver.component.Hitlist_0](http://www.bgbl.de/Xaver/text.xav?start=%2F%2F*[%40attr_id%3D%27bgbl108s2074.pdf%27]&skin=pdf&bk=Bundesanzeiger_BGBl&tf=xaver.component.Text_0&hlf=xaver.component.Hitlist_0)
abgerufen am 19.11.2013
- [9] Kaltschmitt (2009), Regenerative Energien in Österreich, Vieweg+Teubner