

Energetische Verwertung

Biogaserzeugung

Das Methanpotential von *S. perfoliatum* lag zwischen 204 und 330 Normliter (NI) $\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ oTS, im Durchschnitt bei $274 \text{ NI } \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ oTS. Das Methanpotential von *S. perfoliatum* blieb über den Zeitraum von drei Jahren sowie über die drei Erntetermine relativ stabil. Bei der Juliernte war das Methanpotential aufgrund der geringeren Lignifizierung meist höher.

Die zum Vergleich beprobte Maissilage hatte 2013 ein durchschnittliches Methanpotential von $360 \text{ NI } \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ oTS (laut DÖHLER et al. (2013) $340 \text{ NI } \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ oTS). *S. perfoliatum* hat somit gegenüber Mais ein um 24% geringeres Methanpotential (Abbildung 10).

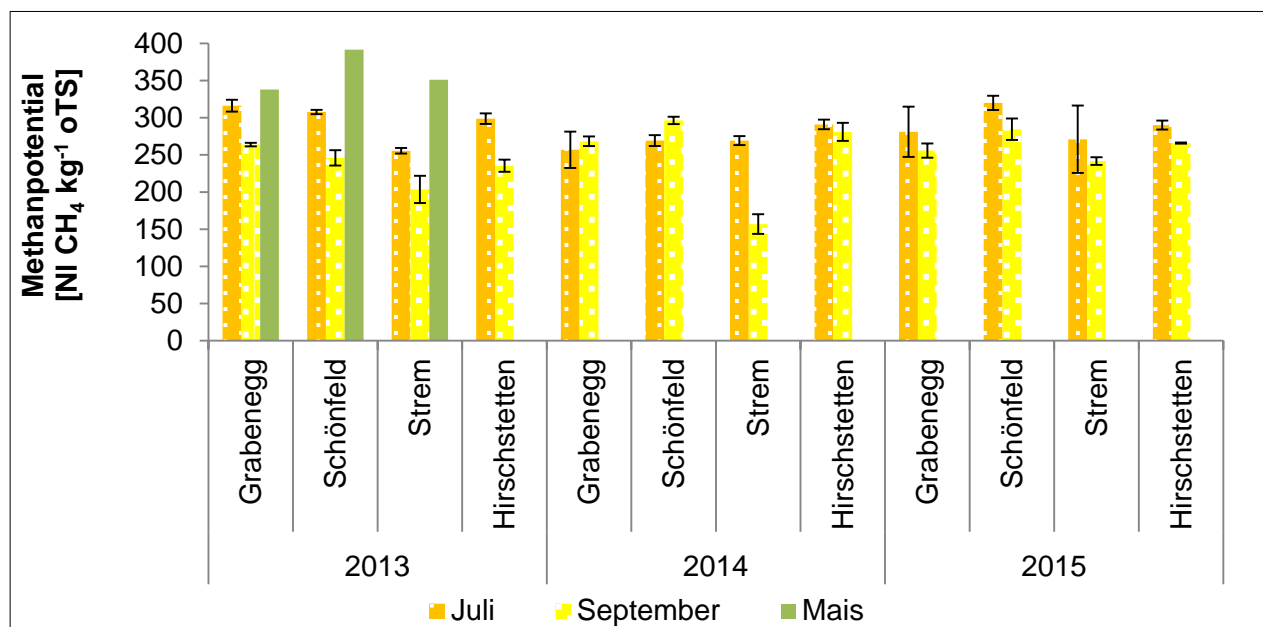


Abbildung 10: Methanpotential je Kilogramm organischer Trockensubstanz von *S. perfoliatum* in Abhängigkeit unterschiedlicher Erntezeitpunkte.

Das Gärverfahren lief stabil über 180 Tage. Die durchschnittliche Methanausbeute lag bei $203 \pm 57 \text{ NI } \text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ oTS. Der um ca. 20% niedrigere Wert gegenüber den üblichen Methanpotentialtests ist bei solchen Versuchen üblich.

Der Ausgangszuckergehalt der *S. perfoliatum* Probe, welche für die Vorbehandlungsversuche verwendet wurde, betrug $3 \text{ g } \text{kg}^{-1}$.

Eine thermische Behandlung setzte im Durchschnitt $13 \text{ g } \text{kg}^{-1}$ Zucker frei. Die Temperatur und der Wassergehalt hatten nur einen sehr geringen Effekt auf die Freisetzung des Zuckers.

Die optimale thermochemische Vorbehandlung lag bei einer Temperatur von $160 \text{ }^\circ\text{C}$, einem TS-Gehalt von 10% und einer Säurekonzentration von $0,75 \text{ mMol } \text{g}^{-1}$ TS, wie in Abbildung 11 zu sehen ist. Bei $180 \text{ }^\circ\text{C}$ war die Konzentration von thermischen Nebenprodukten wie Furfural und Hydroxymethylfurfural sehr hoch.

Eine mikrobiologische Vorbehandlung, Vorversäuerung oder Hydrolyse genannt, konnte nicht erfolgreich durchgeführt werden, da der Faseranteil der Pflanzen zu hoch ist und nicht schnell genug abgebaut werden konnte. Stattdessen wurden Enzyme mit einer 100x höheren Konzentration als der empfohlenen Menge eingesetzt.

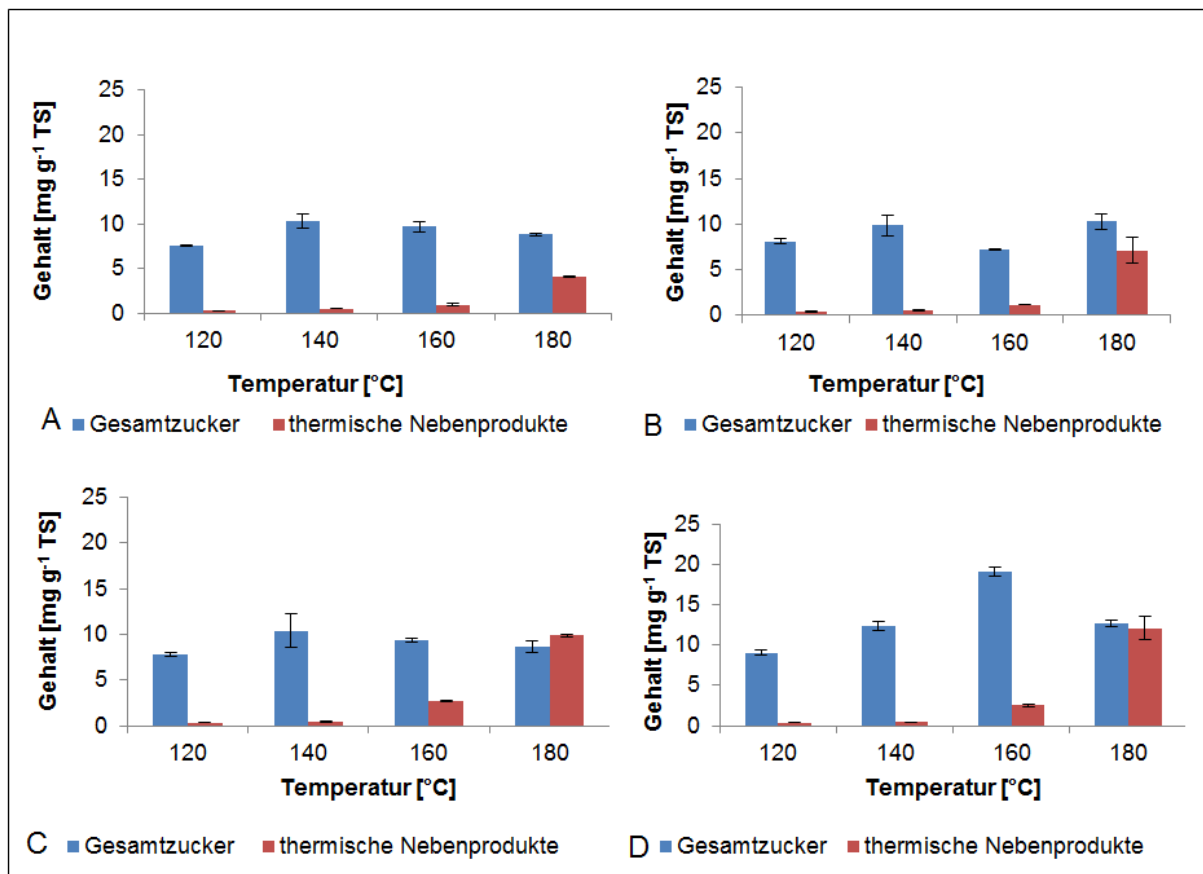


Abbildung 11: Vergleich des Gesamtzuckergehalts und der thermischen Nebenprodukte bei 0 mMol g⁻¹ TS (A); 0,25 mMol g⁻¹ TS (B); 0,5 mMol g⁻¹ TS (C); 0,75 mMol g⁻¹ TS (D)

Von den drei besten Vorbehandlungsmethoden (thermisch bei 160 °C, thermochemisch bei 160 °C und enzymatisch) wurde der Effekt auf das Biomethanpotential ermittelt. Entgegen den Erwartungen gab es keinen signifikanten Unterschied im Methanertrag oder in der Produktionsrate zwischen den vorbehandelten und unvorbehandelten Proben mit Ausnahme der thermochemisch-vorbehandelten Proben, bei der weniger Methan produziert wurde (Abbildung 12). Der Grund dafür ist nicht eindeutig feststellbar. Möglicherweise gehen bei der Vorbehandlung Teile vom Kohlenstoffgehalt des Pflanzenmaterials verloren. Auch könnten die Cellulose und die Hemicellulose in *S. perfoliatum* gut abbaubar sein, sodass keine Zuckerfreisetzung erfolgt. Möglich sind auch hemmende Wirkungen der thermischen Nebenprodukte, die dem positiven Einfluss der Zuckerfreisetzung entgegen wirken.

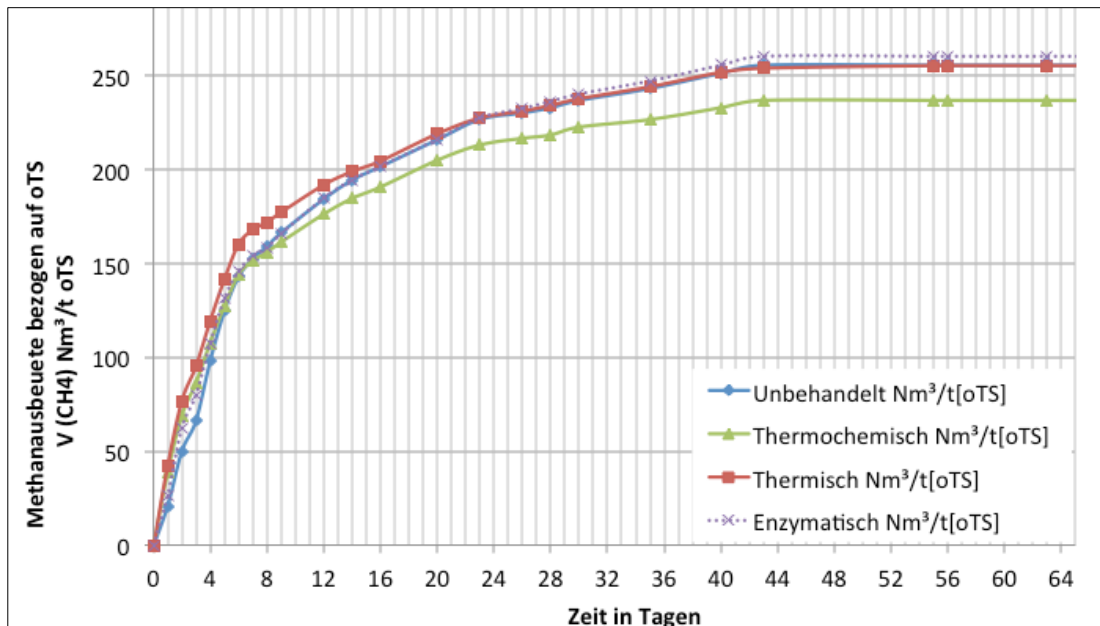


Abbildung 12: Methanerträge von *S. perfoliatum* aus Schönfeld in September 2013 mit drei Vorbehandlungen in Vergleich zu unbehandeltem *S. perfoliatum*

Ergänzend wurden die Methanerträge pro Fläche von den Schnitten im Juli und im September verglichen (Abbildung 13). In Grabenegg ergaben die Ernten im September höhere Methanerträge pro Fläche als die Ernten im Juli. Auf den Standorten Schönfeld, Strem und Hirschstetten war das gegensätzlich. Wobei die Unterschiede des Methanertrages pro Hektar zum größten Teil durch die Biomasseerträge entstehen. Die Biomasseerträge werden im vorherigen Kapitel gegenübergestellt.

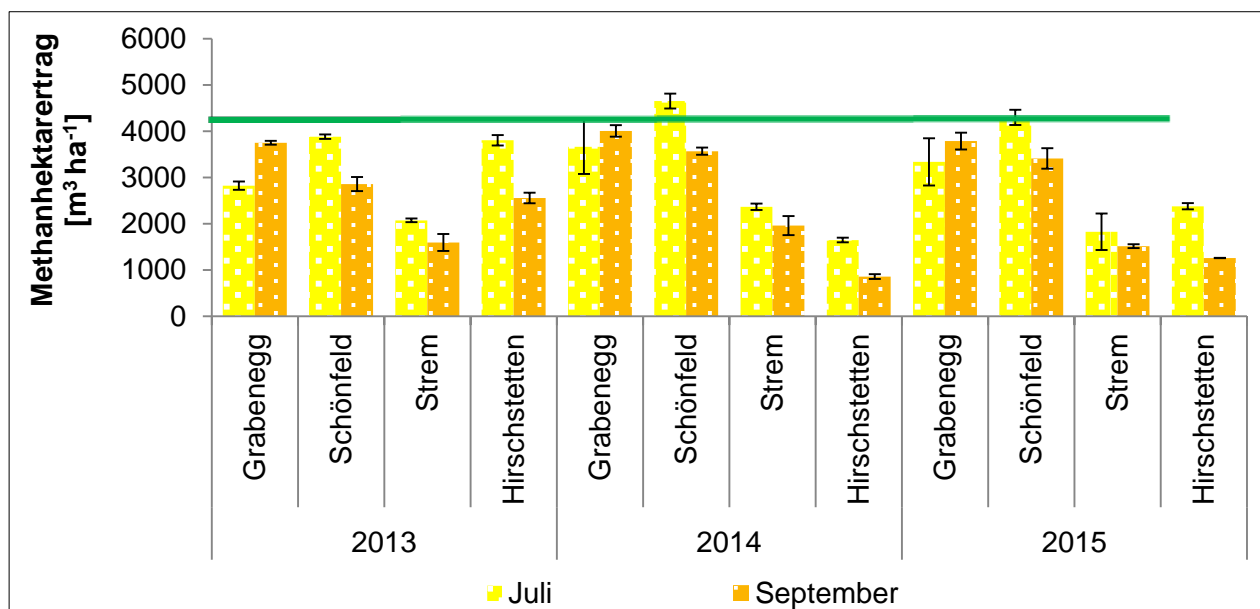


Abbildung 13: Methanertrag pro Fläche von *S. perfoliatum* (Juli- und Septemberernten).

Die Methanerträge pro Hektar waren standortbedingt sehr unterschiedlich (Abbildung). Die Standorte Grabenegg und Schönfeld erreichten in allen Jahren aufgrund der höheren Biomasseerträge einen höheren Methanertrag pro Fläche als die beiden anderen Versuchsstandorte. Die Methanerträge reichten

an den Standorten Grabenegg und Schönfeld an bzw. annähernd an den Durchschnittsmethanertrag des Maises von $4221 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (laut Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, grüne Linie in Abbildung) heran.

Der Praxisversuch zur Verwertung des Erntegutes in der Biogasanlage in Strem verlief positiv. Die Silagequalität wies nach siebenmonatiger Lagerung trotz nicht optimaler Rahmenbedingungen durch Witterung und der Abdeckung mit Gärresten (ohne Folie) eine augenscheinlich gute Qualität in Bezug auf Geruch, Farbe und Zustand auf und war auch bei allen anderen Ernteversuchen zufriedenstellend.

Die mit dem Querstromzerkleinerer mechanisch zerkleinerten Silagen von *S. perfoliatum* ergaben keine höhere Biogasausbeute als die unbehandelten. Das vorbehandelte Material konnte problemlos mit anderen Substraten gemischt und in den Fermenter eingebracht werden.

Bei der energetischen Verwertung im Fermenter wurden keinerlei Schwierigkeiten festgestellt. Weder bei der Einbringung noch bei der Mischbarkeit des frischen *S. perfoliatum* Substrates mit dem vorhanden (vergorenen) Substrat konnten Schwierigkeiten festgestellt werden. Im Fermenter selbst wurden Sink- bzw. Schwimmschichten gebildet und somit kein Verstopfungsrisiko festgestellt.

Bioethanolerzeugung

Die Untersuchungen zur Ethanolgewinnung ergaben unterschiedliche Erträge. Mittels der in der Literatur empfohlenen Methode für Maisblätter konnten aus 1 kg getrockneter *S. perfoliatum* Biomasse (0,315 kg Cellulose und 0,195 kg Hemicellulose) nur 32 ml Ethanol produziert werden. Ein Grund für den niedrigen Ethanolertrag könnte der stärkere Lignozellulose-Komplex, der sich schlechter verzuckern lässt, sein. Eine weitere Ursache dafür könnte die angewendete Methode für Maisblätter und Maisstängel sein, die nicht für Biomasse von *S. perfoliatum* geeignet ist. Mit dem gleichen Verfahren konnten hingegen 94 ml Ethanol aus Maisstroh produziert werden. Diese Methode müsste adaptiert werden. Bei weiteren Untersuchungen verschiedener Hydrolysebedingungen konnte der Ethanolertrag von *S. perfoliatum* auf 46 ml erhöht werden. Die Verarbeitung zu Ethanol wird aufgrund der niedrigen Ethanolausbeute nicht empfohlen.

Thermische Verwertung

Bei der thermisch energetischen Verwertung werden im Vergleich zur Biogasproduktion und Ethanolerzeugung an die Biomasse andere Anforderungen gestellt.

Der hohe Aschegehalt von *S. perfoliatum* (Tabelle 10) führt zu erhöhter Staubemission, eine Entstaubung des anfallenden Rauchgases ist daher erforderlich. Das Erntegut weist im Weiteren relativ hohe Schwefel- und Chlorgehaltswerte (Tabelle 11) auf und bringt nachteilige Auswirkungen auf Brennraum und Wärmetauscherflächen von Heizanlagen.

Der Wassergehalt lag, abhängig von Erntetermin und Standort, unterschiedlich hoch. Bei spätestmöglicher Ernte für eine Verbrennung des Erntegutes, dieser Zeitraum liegt zwischen Anfang und Ende Oktober, beträgt der Wassergehalt immer noch mindestens 50%. Da die Pflanzen (auch nicht die Stängel) nicht frosthart sind, ist eine Frühjahrsernte mit entsprechend geringem Wassergehalt ausgeschlossen. Der Brennwert von $17,90 \text{ H}_{\text{S;WF}}$ ist gegenüber Holzpellets oder *Miscanthus giganteus* deutlich niedriger (Tabelle 10). Durch den hohen Wassergehalt wird der Heizwert gesenkt.

Ein Verbrennen (= thermisch energetische Verwertung) des Erntegutes von *S. perfoliatum*, auch bei Spätherbsternte, ist daher sowohl aus ökonomischen wie auch ökologischen Gründen abzulehnen.

Tabelle 10: Brennwert von *S. perfoliatum* im Vergleich zu Holz Pellets und *Miscanthus × giganteus*

Biomasse	% TS Frischmasse	Brennwert $H_{S;WF}$	Asche in % der TS bei 815 °C
Holz Pellets (ÖNORM M7 135)	90	20,20	< 0,5
<i>Miscanthus × giganteus</i>	80	19,10	ca. 3,0
<i>Silphium perfoliatum</i> L.	45	17,90	ca. 5,5