

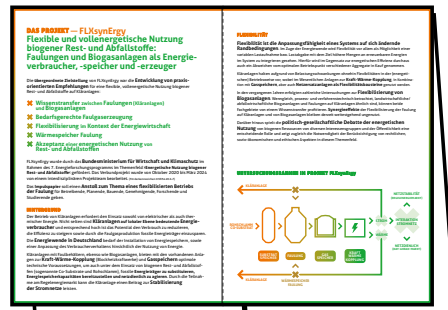


IMPULSPAPER

FALTUNG
 GESCHLOSSENES FORMAT A4
 OFFENENS PLAKAT A2



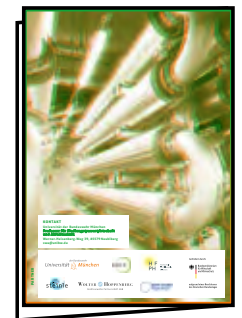
TITEL



DOPPELSEITE



PLAKAT-SEITE



RÜCKSEITE

IMPULSE ZUR FLEXIBILISIERUNG DER FAULUNG ALS BEITRAG ZUR ENERGIEWENDE

**Untersuchungen im ganzheitlichen Ansatz
zur Flexibilisierung der Faulung**

**VERBUNDPROJEKT
MIT INTERDISZIPLINÄREM PROJEKTEAM**

DAS PROJEKT — FLXsynErgy

Flexible und vollenergetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe: Faulungen und Biogasanlagen als Energieverbraucher, -speicher und -erzeuger

Die übergeordnete Zielstellung von FLXsynErgy war die **Entwicklung von praxisorientierten Empfehlungen** für eine flexible, vollenergetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe auf Kläranlagen:

- ✘ **Wissenstransfer zwischen Faulungen (Kläranlagen) und Biogasanlagen**
- ✘ **Bedarfsgerechte Faulgaserzeugung**
- ✘ **Flexibilisierung im Kontext der Energiewirtschaft**
- ✘ **Wärmespeicher Faulung**
- ✘ **Akzeptanz einer energetischen Nutzung von Rest- und Abfallstoffen**

FLXsynErgy wurde durch das **Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz** im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms im Themenfeld **›Energetische Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe‹** gefördert. Das Verbundprojekt wurde von Oktober 2020 bis März 2024 von einem interdisziplinären Projektteam bearbeitet. (Förderkennzeichen 03EI5420 A-F)

Das **Impulspapier** soll einen **Anstoß zum Thema eines flexibilisierten Betriebs der Faulung** für Betreibende, Planende, Bauende, Genehmigende, Forschende und Studierende geben.

HINTERGRUND

Der Betrieb von Kläranlagen erfordert den Einsatz sowohl von elektrischer als auch thermischer Energie. Nicht selten sind **Kläranlagen auf lokaler Ebene bedeutende Energieverbraucher** und entsprechend hoch ist das Potential den Verbrauch zu reduzieren, die Effizienz zu steigern sowie durch die Faulgasproduktion fossile Energieträger einzusparen.

Die **Energiewende in Deutschland** bedarf der Installation von Energiespeichern, sowie einer Anpassung des Verbraucherverhaltens hinsichtlich der Nutzung von Energie.

Kläranlagen mit Faulbehältern, ebenso wie Biogasanlagen, bieten mit den vorhandenen Anlagen zur **Kraft-Wärme-Kopplung** (Blockheizkraftwerke) und **Gasspeichern** optimale technische Voraussetzungen, um auch unter dem Einsatz von biogenen Rest- und Abfallstoffen (sogenannte Co-Substrate und Rohschlamm), fossile **Energieträger zu substituieren, Energiespeicherkapazitäten bereitzustellen und netzdienlich zu agieren**. Durch die Teilnahme am Regelenergiemarkt kann die Kläranlage einen Beitrag zur **Stabilisierung der Stromnetze** leisten.

FLEXIBILITÄT

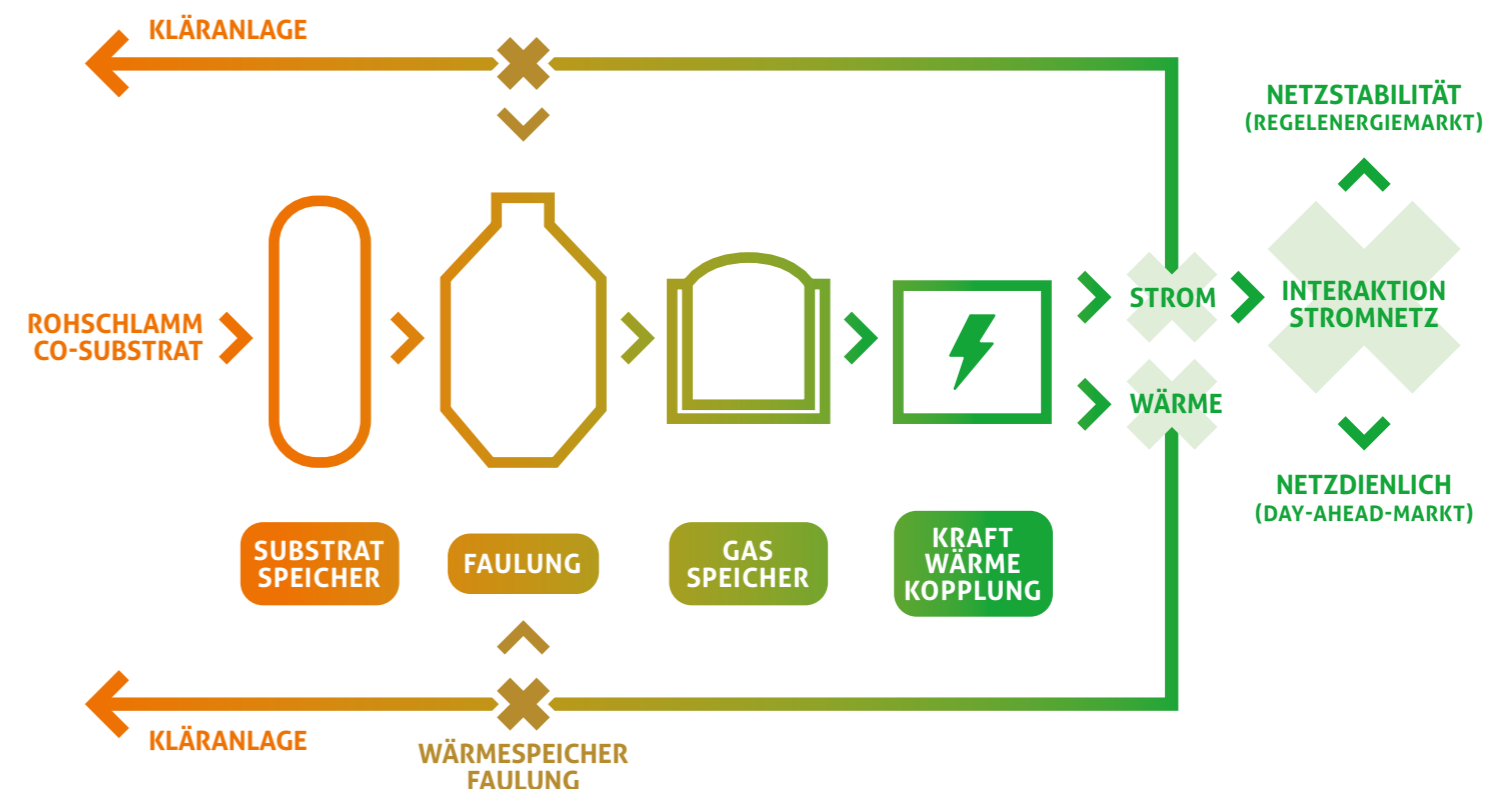
Flexibilität ist die Anpassungsfähigkeit eines Systems auf sich ändernde Randbedingungen. Im Zuge der Energiewende wird Flexibilität vor allem als Möglichkeit einer variablen Lastaufnahme bzw. Lastabgabe mit dem Ziel höhere Mengen an erneuerbaren Energien im System zu integrieren gesehen. Hierfür wird im Gegensatz zur energetischen Effizienz durchaus auch ein Abweichen vom optimalen Betriebspunkt verschiedener Aggregate in Kauf genommen.

Kläranlagen halten aufgrund von Belastungsschwankungen ohnehin Flexibilitäten in der (energetischen) Betriebsweise vor, wobei im Wesentlichen Anlagen zur **Kraft-Wärme-Kopplung**, in Kombination mit **Gasspeichern**, aber auch **Netzersatzanlagen als Flexibilitätsbausteine** genutzt werden.

In den vergangenen Jahren erfolgten zahlreiche Untersuchungen zur **Flexibilisierung von Biogasanlagen**. Wenngleich, prozess- und verfahrenstechnisch betrachtet, landwirtschaftliche/abfallwirtschaftliche Biogasanlagen und Faulungen auf Kläranlagen ähnlich sind, können beide Fachgebiete von einem Wissenstransfer profitieren. **Synergieeffekte** der Flexibilisierung der Faulung auf Kläranlagen und von Biogasanlagen bleiben derzeit weitestgehend ungenutzt.

Darüber hinaus spielt die **politisch-gesellschaftliche Debatte der energetischen Nutzung** von biogenen Ressourcen von diversen Interessensgruppen und der Öffentlichkeit eine entscheidende Rolle und zeigt zugleich die Notwendigkeit der Berücksichtigung von rechtlichen, sozio-ökonomischen und ethischen Aspekten in diesem Themenfeld.

UNTERSUCHUNGSRAHMEN IM PROJEKT FLXsynErgy



Chancen — Risiken — Umsetzungsempfehlungen — Bemessungshinweise

Wissenstransfer zwischen Faulungen (Kläranlagen) und Biogasanlagen

Der Begriff der Flexibilität ist für Biogasanlagen ein seit Jahren etablierter Begriff. In den vergangenen Jahren haben Biogasanlagen durch Erweiterung der installierten Leistung der Stromerzeuger und Vergrößerung der Gasspeicherkapazität die Flexibilität erhöht. Für Kläranlagen ist die Flexibilisierung der Faulung meist noch kein nennenswertes Thema. Welches Wissen kann aus dem Bereich der Biogasanlagen auf Kläranlagen übertragen werden?

- Die für die Prozessüberwachung notwendigen Parameter und Analyseverfahren sind vergleichbar, deren Erhebung kann sich in der Praxis allerdings durchaus unterscheiden. Gerade bei speziellen Fragestellungen, bspw. von Laborgärversuchen oder der Messung der organischen Säuren, ist ein Blick in beide Bereiche empfehlenswert.
- In FLXsynErgy wurden vereinfachte Modelle, entwickelt für den Betrieb von Biogasanlagen, auf die Faulung übertragen, welche in Abhängigkeit von Preissignalen am Day-Ahead-Markt die erforderliche Faulgasproduktion ermitteln und optimieren.
- Kläranlagen haben im Vergleich zu Biogasanlagen einen höheren Strombedarf, was sich auf mögliche Geschäftsmodelle auswirkt. Insbesondere wird das Potential am Day-Ahead-Markt im Vergleich zu Biogasanlagen limitiert. Zudem muss der Eigenstrombedarf in den Modellen zur bedarfsgerechten Faulgasproduktion berücksichtigt werden.
- Aufgrund von unterschiedlichen anlagentechnischen Anforderungen ergeben sich auch unterschiedliche Kostenstrukturen.

IM DETAIL
AB SEITE **16**

Flexibilisierung im Kontext der Energiewirtschaft

Die Kläranlage steht in Interaktion mit dem Stromnetz und hat das Potential netzdienlich zu agieren; d. h. die Teilnahme am Day-Ahead-Markt oder am Regelenergiemarkt. Mit der Teilnahme am Regelenergiemarkt können Kläranlagen einen Beitrag zur Netzstabilität leisten.

- Lastganganalysen zeigen das Optimierungspotential für eine flexible Energienutzung.
- Kläranlagen können mit der Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung am Regelenergiemarkt teilnehmen:
 - Regelenergie ist ein wichtiger Baustein zur Sicherstellung der Netzstabilität. Mit Abbrufdauern von meist weniger als 100 Sekunden erfolgt entweder eine Reduktion oder Erhöhung der zum Zeitpunkt abgegebenen Leistung der jeweiligen Erzeuger. Die Vergütung basiert auf einem Leistungs- und einem Arbeitspreis. Dabei bestimmt die Vorhaltung von Leistungsreserven maßgeblich das Erlöspotential. Bereits installierte Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung können meist problemlos am negativen Regelenergiemarkt teilnehmen.
 - Die Erlöse am Day-Ahead-Markt sind volatil und liegen in aller Regel unter den Strombezugskosten. Erstes Ziel ist somit die Maximierung der Eigenstromnutzung. Je mehr Stromüberschüsse eine Anlage aufweist desto interessanter wird eine Beteiligung am Day-Ahead-Markt.
- Die bedarfsgerechte Faulgasproduktion ist ein Werkzeug zur Energiespeicheroptimierung. Substrat- und Gasspeicher sind günstigere und langlebigere Energiespeicher als „Batterien“.
- Erneuerbare Energien, d. h. Photovoltaik und Windenergie, können die Stromerzeugung auf der Kläranlage sinnvoll ergänzen. Die Größe und Ausrichtung ist an den Lastgang der Kläranlage anzupassen, auch im Zusammenspiel einer bedarfsgerechten Faulgasproduktion, um die Quote der Eigenstromversorgung zu maximieren.

IM DETAIL
AB SEITE **70**

Akzeptanz einer energetischen Nutzung von Rest- und Abfallstoffen

Die gesellschaftliche Akzeptanz, die eher durch Indifferenz als durch Ablehnung gekennzeichnet ist, kann durch das Leitbild einer „Gemeinwohl-orientierten Flexibilisierung“ deutlich verbessert werden. Ziel ist der verantwortungsbewusste Umgang mit sämtlichen Stoff- und Energiekreisläufen, die Kläranlagen durchlaufen, insb. Wasser, Phosphor und Kohlenstoff, und eine transparentere Darstellung der damit verbundenen Kosten und Nutzen für Mensch und Natur.

- Projektspezifische Stakeholder-Dialoge dienen der frühzeitigen, transparenten und lösungsorientierten Einbindung möglichst aller Akteure. Ein gemeinsames Bekenntnis zur „Gemeinwohlorientierung“ kann unterschiedliche Interessen auf konvergente Ziele hinlenken.
- Staatliche und kommunale Stellen sind in der Pflicht, kohärenten Strategien über die verschiedenen Fach- und Zuständigkeitsbereiche hinweg zu formulieren, damit Kläranlagen ihr Potential als „Puffer“ oder „Stabilisatoren“, beispielsweise im Bereich der Energiewende, besser entfalten können.
- Zielgruppenspezifische Wissenschaftskommunikation ist für die flächendeckende Anwendung insbesondere in kommunalen Betrieben von besonderer Bedeutung. Diese muss sich gleichermaßen gegen Nichtwissen und Desinteresse wie auch gegen populistische Fehlinformationen wenden.

IM DETAIL
AB SEITE **120**



Der Klimawandel stellt eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung dar. Der Erfolg zur Eingrenzung der Folgen hängt im großen Maße von dem Umfang der Beteiligung aller Akteure ab. Dies umfasst auch Kläranlagen, welche mit ihrer bereits vorhandenen Infrastruktur einen Beitrag leisten können. Sei es durch einen verantwortungsbewussten Einsatz der Energie, durch Anpassung des Verbrauchsverhaltens durch eine mögliche Teilnahme am Day-Ahead-Markt oder durch Vorhalten von Leistungsreserven um als Systemdienstleister am Regelenergiemarkt zu partizipieren. Der Abschlussbericht fasst die Forschungsergebnisse zusammen – auch mit dem Hinweis auf noch offene Fragestellungen für die Zukunft.

Bedarfsgerechte Faulgasproduktion

(Co-)Substrate haben im Allgemeinen eine deutlich höhere spezifische Energiedichte als Faulgas. Unter der Voraussetzung einer möglichen Lagerung der (Co-)Substrate, kann eine bedarfsgerechte Zugabe von (Co-)Substrat und die daraus resultierende Faulgasproduktion zu einer Verringerung der effektiv genutzten Gasspeicherkapazität führen, sodass entsprechende Leistungsabgaben der Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung über längere Zeithorizonte aufrecht erhalten werden können.

- Untersuchungen in FLXsynErgy zeigen, dass sowohl in großtechnischen als auch labortechnischen Faulbehältern die Raumbelastung für eine bedarfsgerechte Faulgasproduktion kurzfristig in größeren Schwankungsbereichen variieren kann, sofern über längere Zeithorizonte die Empfehlungen des Regelwerkes eingehalten werden.
- (Co-)Substratspeicher:
 - Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Zugabe von (Co-)Substraten ist ein entsprechender Speicher. Bei Co-Substraten gleicht ein Speicher Schwankungen in der Zusammensetzung von Einzelanlieferungen aus.
 - Durch die Lagerung kommt es zu Abbauprozessen der Co-Substrate. In der Regel versäuern Substrate. Bei Substraten mit hoher Alkalinität, bspw. Abfallstoffe aus der Milchverarbeitung, kann dies auch gepuffert werden, dann einhergehend mit einer Freisetzung von Methan.
 - Speicher sollten entsprechend den Anforderungen konstruktiv ausgestaltet sein; bspw. Rührwerk, Beschichtung, Beheizung oder Abluftbehandlung.
- Bedarfsgerechte Zugabe von Co-Substraten:
 - Vor dem Einsatz von Co-Substraten: Sind alle gesetzlichen, technischen und betrieblichen Anforderungen einer Co-Vergärung gemäß Regelwerk eingehalten?
 - Zwischen einer bedarfsgerechten und einer kontinuierlichen Substratzugabe ergeben sich im Hinblick auf die Faulgasmengen kaum Unterschiede.
 - Co-Substrate mit einer im Vergleich zu Rohschlamm ähnlichen Umsatzrate der Faulgasproduktion sind gut für eine Flexibilisierung geeignet. In den Untersuchungen von FLXsynErgy war die Gefahr einer Versäuerung (Erhöhung der Konzentration der organischen Säuren), auch bei höheren Stoßbeschickungen moderat. Mit Co-Substraten, die eine vergleichsweise hohe Umsatzrate haben, bspw. Glycerin, können gezielt zur bedarfsgerechten Faulgasproduktion eingesetzt werden; allerdings besteht hier eine höhere Gefahr der Versäuerung.
 - Bei der bedarfsgerechten Zugabe sollte die Konzentration der organischen Säuren überwacht werden, um frühzeitig eine zunehmende Akkumulation zu detektieren.
 - Die Zugabe von Co-Substrat hat ggf. Einfluss auf die weitere Abwasser- und Klärschlammbehandlung (Entwässerungseigenschaften, Rückbelastung etc.). Die flexible Zugabe hat im Vergleich zur kontinuierlichen Zugabe, aufgrund der identischen Frachten, keine wesentliche Veränderung der Rückbelastung zur Folge.

IM DETAIL
AB SEITE **32**

Wärmespeicher Faulung

Betrieb der Faulung mit einem saisonalen Temperaturverlauf zwischen 33 bis 53°C mit dem Ziel der optimalen Wärmenutzung im Jahresverlauf.

- Vor Umsetzung einer Veränderung der Faulraumtemperatur:
 - Erlaubt die (Bau-)Statik des Faulbehälters eine Erhöhung der Faulraumtemperatur?
 - Ist der Faulbehälter überlastet? Wurden die Betriebsparameter, bspw. hydraulische Aufenthaltszeit und organische Raumbelastung, gemäß Regelwerk, überprüft?
- Betrieb der Faulung mit einem saisonalen Temperaturverlauf:
 - Untersuchungen sowohl von großtechnischen als auch labortechnischen Faulbehältern zeigen, dass bei einer hydraulischen Aufenthaltszeit von > 20 Tagen ein saisonaler Temperaturverlauf prozessstabil möglich ist; einhergehend mit positiven Effekten auf die Gesamtwärmebilanz der Kläranlage im Jahresgang.
 - Die Temperaturänderungen sind von hoher Bedeutung für die Prozessstabilität der Faulung und müssen sehr langsam erfolgen.
 - Auswertungen im Rahmen von FLXsynErgy zeigen stabile Prozessbedingungen bei maximalen täglichen Temperaturänderungen von 1 Kelvin pro Tag bei Temperaturen zwischen 33 und 53°C.
 - Wenngleich sich der Faulgasertrag nicht ändert, hat eine im Vergleich zu 37°C veränderte Faulraumtemperatur Einfluss auf die weitere Abwasser- und Klärschlammbehandlung, bspw. auf die Klärschlammmentwässerung (Erhöhung Trockenrückstand bei einem erhöhten Polymerverbrauch mit Erhöhung der Temperatur) und die Prozesswasserqualität (Erhöhung CSB und NH₄-N mit Erhöhung der Temperatur).
 - Die Zugabe von Co-Substraten kann die Prozessstabilität bei einem saisonalen Temperaturverlauf der Faulung negativ beeinflussen, insbesondere bei proteinhaltigen Substraten und hohen Faulraumtemperaturen.

IM DETAIL
AB SEITE **54**

DOWNLOAD
FLXsynErgy Abschlussbericht



https://doi.org/10.18726/2024_2

KONTAKT

Universität der Bundeswehr München
Professur für Siedlungswasserwirtschaft
und Abfalltechnik
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg
swa@unibw.de

PARTNER

der Bundeswehr
Universität  München



Gefördert durch:



WOLTER  HOPPENBERG
Rechtsanwälte Partnerschaft mbB



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages