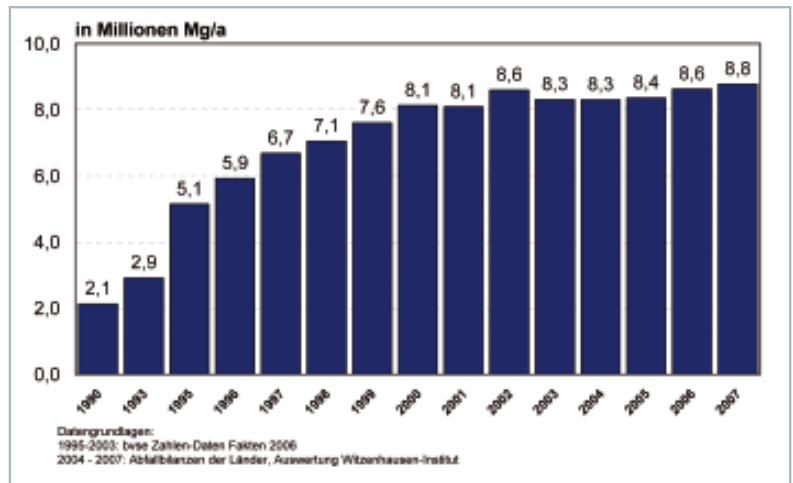


Energiequelle Bioabfall – Mengen und Techniken

Bild 1: Entwicklung des Bio- und Grünabfallaufkommens 1990 – 2007

Nur wenige Abfall-Stoffströme werden in Deutschland noch nicht intensiv genutzt. So wird erst die Hälfte des verfügbaren Bioabfalls und Grünschnitts gesammelt. Mithilfe von **Vergärungsverfahren** könnte man bei Integration in bestehende Kompostieranlage neben Dünger nun auch noch Strom und Wärme erzeugen.



Michael Kern und Thomas Raussen

Die getrennte Erfassung von Bio- und Grünabfällen hat in Deutschland ein hohes Niveau erreicht. Allerdings ist der Anteil der daraus gewonnenen Energie noch vergleichsweise gering. Während die Kompostierung je nach Verfahren zwischen 20 und 100 kWh Energie je Tonne Input benötigt, gibt es bei der Vergärung einen deutlichen Energieüberschuss von 180 bis 250 kWh Strom je Tonne Input zuzüglich vermarktbarer Wärme.

Gerade vor dem Hintergrund, dass gegenwärtig Energiepflanzen in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln großflächig angebaut werden, muss die Frage gestellt werden, ob die kombinierte stoffliche und energetische Nutzung von Bioabfall nicht zielführender ist als die reine Kompostierung.

Verfügbarer Bio- und Grünabfall

2007 wurden in Deutschland insgesamt 8,8 Mill. t Bio- und Grünabfälle erfasst, wobei das Aufkommen der beiden Stoffströme jeweils rund 50 % ausmacht. Die auch in Bild 1 präsentierte Entwicklung verdeutlicht, dass sich die Getrenntsammlung im Bereich Bio- und Grünabfälle in der Bundesrepublik etabliert hat. Der Blick von Bundesland zu Bundesland offenbart jedoch noch deutliche Unterschiede und erhebliche Optimierungspotenziale. Bild 2 zeigt

aber auch, dass in der Regel die höchsten Mengen in den einwohnerstarken Bundesländern, wie Nordrhein-Westfalen und Bayern, erfasst werden, während das Aufkommen in dünn besiedelten Flächenländern wie Brandenburg oder Mecklenburg-Vorpommern eher gering ist [2].

Aufgeschlüsselt nach Städten und Landkreisen sieht man, dass 81 % der deutschen Städte und 69 % der Land-

kreise die Biotonne, zumindest in Teilbereichen, eingeführt haben. Insgesamt stehen daher etwa der Hälfte der Haushalte Biotonnen zur Verfügung.

Vergärungsverfahren Bioabfall

Bild 3 stellt die unterschiedlichen Vergärungsverfahren vor, die sich zunächst in Hinblick auf eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Betriebsweise unterscheiden.

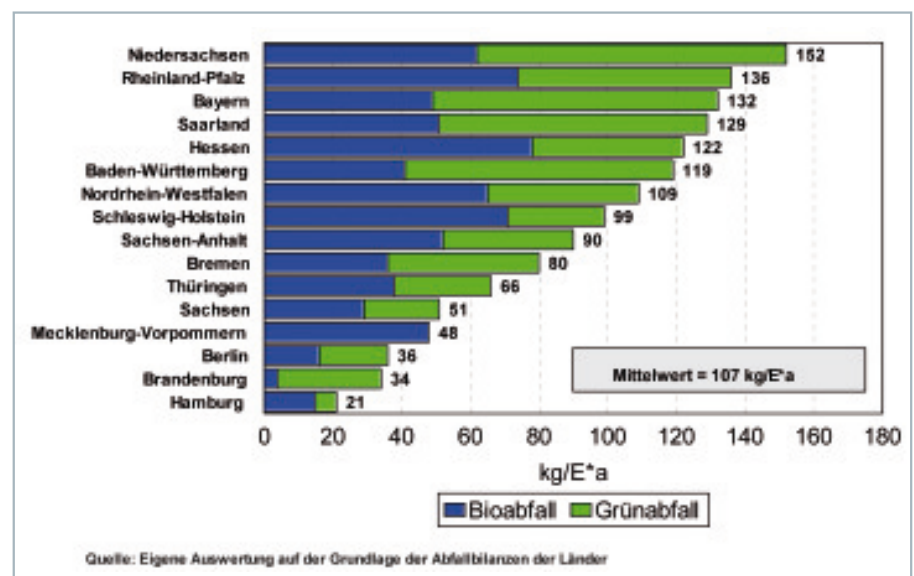


Bild 2: Spezifisches Bio- und Grünabfallaufkommen 2007

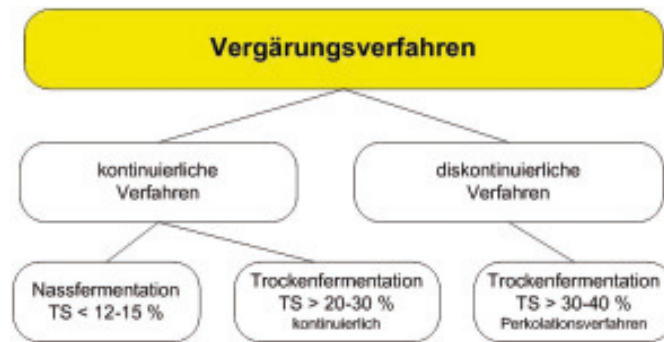


Bild 3: Übersicht über kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren

Bild 4: Der im Bau befindliche liegende Pfropfenstromfermenter dient später der thermophilen, kontinuierlichen Trockenfermentation von Bioabfall.

Bei den kontinuierlichen Verfahren wird dem Fermenter in regelmäßigen Zeitintervallen, zum Beispiel stündlich, automatisch aus Vorlagebehältern Substrat zugeführt und parallel dazu Gärreste entsprechend abgeführt. Diese Betriebsweise zielt auf eine kontinuierliche Biogasproduktion mit gleichbleibender Qualität ab.

Bei diskontinuierlichen Verfahren hingegen werden die Fermenter nach entsprechenden Verweilzeiten von mehreren Wochen entleert und neu befüllt. Damit ist die Biogasproduktion der einzelnen Fermenter nicht kontinuierlich. Durch Parallelschaltung mehrerer Fermenter, die zeitversetzt arbeiten, und durch Perkolatspeicher lässt sich das jedoch weitgehend kompensieren.

Für die Praxis ist relevant, dass bei den diskontinuierlichen Verfahren ein stapelbarer Gärrest anfällt, der sich in der Regel ohne weitere Behandlung kompostieren lässt.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal stellt der Trockensubstanzgehalt (TS) im Fermenter dar. Die Vergärungsverfahren lassen sich je nach Feststoffgehalt im Reaktorzulauf oder des Inputmaterials in Nass- und Trockenverfahren unterteilen.

Auch im Rahmen der Prozesstemperatur, die in der Praxis entweder im mesophilen Bereich zwischen 33 und 38 °C oder bei thermophilen Temperaturen zwischen 55 und 60 °C eingestellt wird, unterscheiden sich die Vergärungsverfahren. Die Temperatur wird durch entsprechendes Beheizen der Fermenter oder durch eine Selbsterhitzung bei anfänglich aerober Betriebsführung geregelt. Dabei stellt die bei der Verstromung gewonnene Abwärme die Heizenergie für die Fermenter bereit. Dieser Anteil, der bei thermophilen Verfahren höher ist, steht natürlich für eine externe Wärmenutzung nicht zur Verfügung. Dort wo keine Verstromung am Standort vorgesehen ist, zum Beispiel



Bild: Kompogas

aufgrund einer Gaseinspeisung, müssen für die Beheizung andere Quellen genutzt werden.

Bei thermophiler Betriebsweise werden höhere Gasausbeuten und Abbauraten erreicht. Ein mesophiler Anlagenbetrieb ist bei allen Vergärungsverfahren möglich. Thermophil werden bislang nur kontinuierliche Verfahren betrieben. Bei mesophilen Verfahren ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die Hygienisierung der Gärreste im Nachgang zur Vergärung erfolgen muss.

Bei den Nassvergärungsverfahren wird durch Zugabe von Flüssigkeit – in der Regel Presswasser aus der Gärrestaufbereitung – das Substrat auf einen Trockensubstanzgehalt von bis zu 15 % angemischt, sodass es pump- und rührfähig ist.

Kontinuierliche Trockenverfahren, wie das in Bild 4 dargestellte Kompogas-Verfahren arbeiten bei Feststoffgehalten von 20 bis 40 %. Bei mehr als 40 % kommt es zu Abbauehemmungen infolge von Wassermangel. Bei der kontinuierlichen Trockenfermentation wird das Inputmaterial ebenfalls vor der Fermentation mit Presswasser verdünnt, um entsprechende Trockensubstanzgehalte einzustellen.

Seit einigen Jahren setzt man zur Vergärung von Bioabfällen auch Perkolationsverfahren als Batch-Verfahren ein. Bei den jeweils auf den Bildern 5 und 6

gezeigten diskontinuierlichen Trockenvergärungstechnologien wird das stapelfähige Material in abgeschlossenen Boxen mit Perkolat berieselt, wodurch in den Boxen sowie im Perkolatspeicher Biogas entsteht.

Gas- und Energieertrag

Je nach Vergärungsverfahren und Bioabfallzusammensetzung werden aus einer Tonne Bioabfall 80 bis 140 Nm³ Biogas mit einem Methangehalt von 55 bis 60 % gewonnen (Bild 7). Im Vergleich dazu lässt sich aus Energiemais 170 Nm³/Tonne mit einem Methangehalt von 52 % erzeugen.

Ein Teil der über die Gasausbeute gewonnenen Energie wird in Gestalt von Wärme und Strom für den Anlagenbetrieb benötigt. Der Eigenbedarf fällt bei der diskontinuierlichen Trockenfermentation mit bis zu 10 % der Stromproduktion sowie 10 bis 20 % der erzeugten Wärme am niedrigsten aus. Bei thermophilem Betrieb ist ein höherer Wärmebedarf anzusetzen.

Bei der Nassfermentation wird insgesamt mehr Strom und Wärme benötigt als bei den anderen Verfahren. Jedoch besteht auch hier, je nach Verfahrensgestaltung und Prozessführung, eine große Spannweite.

Vergleicht man den Nettoertrag im Verhältnis zur Gasausbeute, zeigt sich, dass die diskontinuierlichen Verfahren

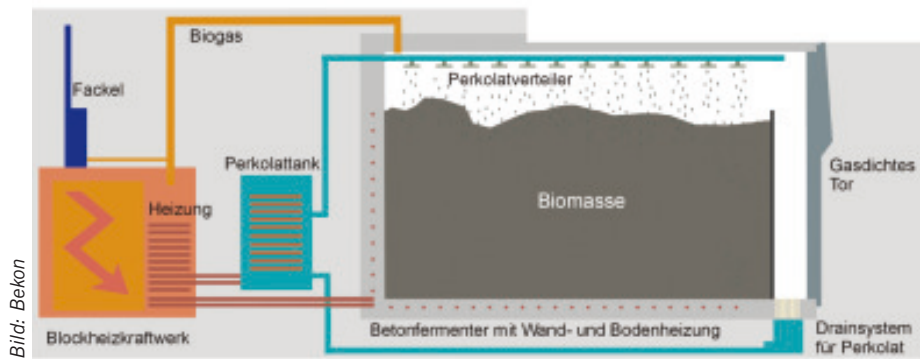


Bild 5: Funktionsschema der diskontinuierlichen Trockenvergärung von Bioabfall

Bild: Bekon

Bild 6: Diskontinuierliche Boxenvergärung



Bild: Kompoferm/Eggersmann

trotz der geringsten Gasausbeute im Nettoertrag sowohl beim Wärme- als auch beim Stromertrag mit dem Mittelwert der Nassvergärungsverfahren vergleichbar sind. Die höchsten Nettoerträge weist im Mittel die kontinuierliche Trockenfermentation auf [3].

Wasserbilanz und Gärreste

Sowohl Wasserbilanz als auch die daraus resultierenden Konsequenzen sind erhebliche Entscheidungsfaktoren bei der Prüfung der standortspezifischen Eignung von Vergärungsverfahren.

Wasser fällt bei den kontinuierlichen Verfahren in Form von Presswasser bei der Gärrestaufbereitung an. Ein Teil des Presswassers wird rückgeführt zur Verflüssigung des Bioabfall-Inputs.

Sowohl bei der Nassfermentation als auch bei der kontinuierlichen Trockenfermentation entstehen erhebliche Mengen an Überschusswasser. Dieses kann als flüssiger Gärrest oder Flüssigdünger landwirtschaftlich verwertet werden. Bei der Anlagenplanung gilt es somit entsprechende Lagerkapazitäten für flüssige Gärreste zu berücksichtigen und regionale Verwertungswege detailliert zu prüfen [6].

Auch bei der diskontinuierlichen Trockenfermentation (Batch-Verfahren) fällt Überschusswasser aus der Perkolation an, jedoch nur in einer Größenordnung von 5 % des Materialinputs. Das restliche Wasser findet sich im Gärrest wieder.

Neben den Vergärungsverfahren bieten sich eine Reihe weiterer Optionen zur Beeinflussung der anfallenden Mengen an flüssigen Gärresten.

Bei der Separation des Gärrestes ist in der Regel nicht die maximale Entwässerung das Ziel, sondern ein TM-Gehalt, der, häufig in Verbindung mit zugefügtem Strukturmaterial, eine sachgerechte Kompostierung erlaubt.

Die Rückführung des flüssigen Gärrests zur Anmischung des Bioabfalls spielt bei den kontinuierlichen Verfahren eine wesentliche Rolle.

Je nach Jahreszeit und Verlauf des Kompostierungsprozesses kann flüssiger Gärrest zur Anfeuchtung der Komposte verwendet werden.

Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass in Regionen mit hohem Anteil an Veredlungswirtschaft und damit verbundenen großen Mengen an Wirtschaftsdüngern wie Gülle die landwirtschaftliche Verwertung flüssiger Gärreste schwierig ist. Gleiches gilt für reine Grünlandregionen, da Gärreste aus Bioabfallanlagen nicht auf Grünland ausgebracht werden dürfen. In Ackerbauregionen mit geringem Viehbesatz ist hingegen die Akzeptanz für den Gärrest als Flüssigdünger in der Regel sehr gut. Dort, wo eine landwirtschaftliche Verwertung nicht möglich ist, müssen flüssige Gärreste über Kläranlagen geführt werden. Speziell über Aufbereitungsoptionen von Gärresten informiert ein Beitrag des Autors im Müllmagazin [5].

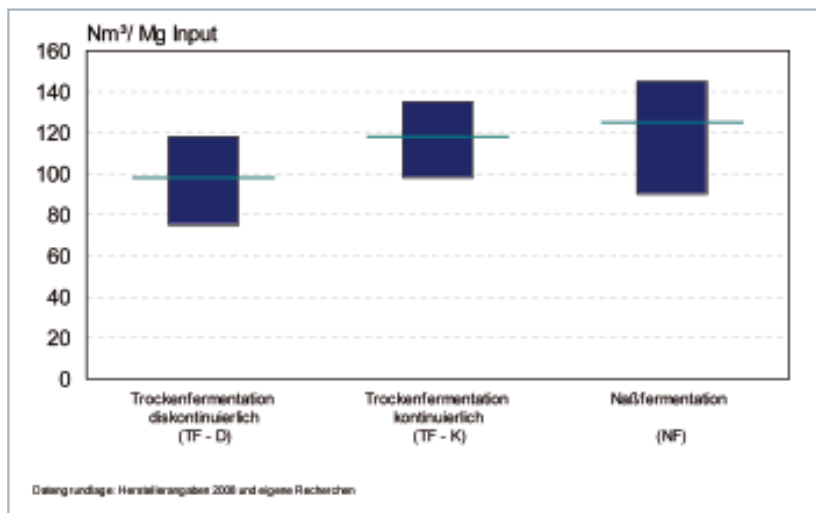


Bild 7: Je nach Vergärungsverfahren differenzieren die Biogaserträge. Dieses Charakteristikum sollte jedoch nicht die alleinige Entscheidungsgrundlage beim Bau einer Anlage sein.

Hygienisierung der Gärreste

Bei thermophilen Prozessen und einer Verweildauer von 14 Tagen oder mehr im Fermenter findet gleichzeitig eine Hygienisierung des Materials in Sinne der Bioabfallverordnung statt [1].

Bei allen mesophilen diskontinuierlichen Verfahren muss die Hygienisierung nach der Vergärung während der Kompostierung des festen Gärrestes erfolgen. Um hierbei die erforderliche Erhitzung sicherzustellen, ist es erforderlich, dass der Gärrest noch genügend Restorganik und Struktur enthält. Soll der flüssige Gärrest verwertet werden, was zu favorisieren ist, so muss er technisch hygienisiert werden.

Bei einer mesophilen kontinuierlichen Fermentation kann die Hygienisierung auch vor der Vergärung durch Erhitzung des Inputmaterials erfolgen.

Kosten und Erlöse

Vergärungsverfahren im Batch-Betrieb erfordern geringere Investitionen als kontinuierliche Nass- oder Trockenvergärungsanlagen, erzielen jedoch niedrigere Gaserträge und Erlöse. Zudem ist zu berücksichtigen, ob eine Vergärungsanlage als Vorschaltanlage in eine vorhandene Kompostierung integriert werden kann und damit wesentliche Verfahrensabschnitte für die Gärrestbehandlung mitgenutzt werden können.

Bei den spezifischen Betriebskosten für Vorschaltanlagen ist bei den technisch aufwändigen Anlagentypen von Zusatzkosten in Höhe von 40 bis 55 Euro

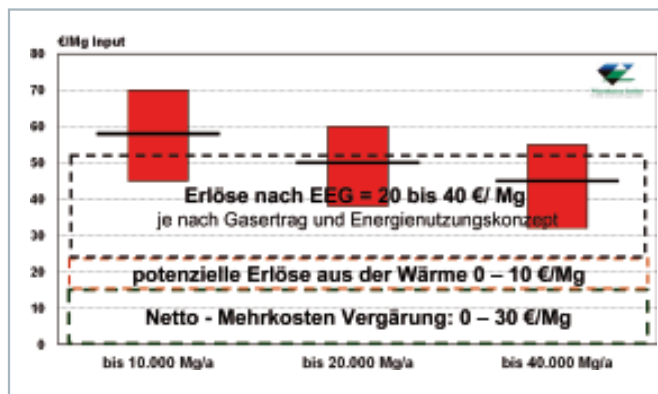


Bild 8: Je größer eine der Kompostierung vorgeschaltete Vergärungsanlage ist, umso günstiger fallen in der Regel auch die Betriebskosten aus. Dies gilt jedoch nur für den Fall, wenn die Einnahmen aus der Bioabfallbehandlung sowie die Kosten der Gärrestbehandlung ausklammert werden.

pro Tonne (ohne Erlöse und Gärrestbehandlung) auszugehen, wobei mit steigender Anlagenkapazität eine Kostendegression besteht, wie Bild 8 zu entnehmen ist. Diesen Kosten sind die Erlöse aus dem Strom- und Wärmekauf gegenüberzustellen. Günstige Bedingungen liegen vor, wenn mit der Vorschaltanlage auch gleichzeitig die Inputmengen erhöht werden können, weil dadurch eine günstige Auslastung der bestehenden Kompostierung zur Gärrestaufbereitung möglich wird [4].

Durch Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2008 erhielt die Vergärung von Bioabfällen mit der stofflichen Nutzung fester Gärreste den Status einer innovativen Technik. Dies beschert ihr zusätzlich zur Grundvergütung des eingespeisten Stroms einen Technologie-Bonus von 2 Cent/kWh. Die Vergütung lässt sich auch über eine sinnvolle Wärmenutzung steigern, zum Beispiel indem man

die Prozesswärme zur Aufbereitung von Gärresten mit dem Ziel der Düngemittelherstellung nutzt. Häufig ist die Wärmenutzung entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen. Welches Verfahren das wirtschaftlichste ist, ist jeweils unter den spezifischen Randbedingungen vor Ort zu prüfen und zu bewerten.

Fazit

Der Vergärung von Bioabfällen wird zukünftig ein deutlich höherer Stellenwert zukommen. Der politische Wille dazu wird unter anderem durch die Gewährung eines Bonus für eingespeisten Strom nach dem EEG deutlich. Da bei der Vergärung neben einem organischen Flüssigdünger ein hochwertiger fester Gärrest zurückbleibt, der nach einer aeroben Behandlung qualitativ vergleichbar mit ausschließlich aeroben Kompost ist und den gleichen Verwertungswegen zugeführt werden kann, integriert die Anaerobtechnik die stoffliche und energetische Verwertung von Bioabfällen in idealer Weise.

Nichtsdestotrotz wird die Kompostierung von Bio- und Grünabfällen auch weiterhin an Standorten mit entsprechenden Randbedingungen als biologische Abfallbehandlungsmethode erhalten bleiben. Die Gewinnung und der Einsatz von qualitativ hochwertigen Komposten und Gärresten werden einen weiter steigenden Beitrag als Humus- und Nährstofflieferant sowie als Bodenverbesserer in Deutschland leisten.

Dr.-Ing. Michael Kern, M. Sc. Thomas Raussen, Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Witzenhausen, t.raussen@witzenhausen-institut.de

Literatur

- [1] Kehres, B. (2008): Stand der Novellierung der abfall- und düngemittelrechtlichen Bestimmungen. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Stofflich – energetisch III. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern. S. 447–458.
- [2] Kern, M., T. Raussen, A. Lootsma, K. Funda (2008): Vergleichende Bewertung der stofflichen und energetischen Verwertung von Bio- und Grünabfall. In: M. Kern, T. Raussen, K. Wagner (2008): Weiterentwicklung der biologischen Abfallbehandlung II, HeRo Schriftenreihe Band 3, Witzenhausen, S. 35–51.
- [3] Kern, M., T. Raussen (2009): Optimierte stoffliche und energetische Bioabfallverwertung In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung IV. Stofflich – energetisch. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern. S. 349–369.
- [4] Raussen, T., M. Kern, W. Sprick, A. Lootsma (2009): Eckpunkte zur Integration einer Vergärung in Kompostierungsanlagen. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Stofflich – energetisch IV. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.). S. 468–488.
- [5] Raussen, T., A. Lootsma (2008): Am Ende anfangen – die Aufbereitung von Gärresten stellt für große Vergärungsanlagen einen maßgeblichen Verfahrensschritt dar. Müllmagazin (2), S. 14–20.
- [6] Raussen, T., M. Kern (2007): Standortsuche für Bioenergieprojekte. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Stofflich – energetisch II. Witzenhausen-Institut – Neues aus Forschung und Praxis. Kassel: K. Wiemer, M. Kern. S. 383–406.