



# Berichte über Landwirtschaft

Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft

**BAND 99 | Ausgabe 1**

**Agrarwissenschaft**  
**Forschung**  

---

**Praxis**

## Nachwachsende Rohstoffe aus der Region und für die Region

Von: Ralf Pude

### 1 Einleitung

Betrachtet man die Entwicklung der Nachwachsenden Rohstoffe im Verlauf der letzten 20 Jahre, so war bisher eine kontinuierliche Zunahme der Anbaufläche in Deutschland zu verzeichnen. Diese stagniert aber seit 2016 und liegt aktuell bei 2,58 Mio. Hektar, welches einen Anteil von etwa 20% der Ackerfläche in Deutschland ausmacht. Den größten Anteil nehmen hierbei die Energiepflanzen mit 2,34 Mio. ha, gefolgt von den Industriepflanzen mit nur 234.000 ha, ein (FNR e.V., 2021). Bei den Energiepflanzen wurde der Einsatz von Mais in Biogasanlagen zwischenzeitlich gedeckelt (EEG, 2017), was aber nicht zu großen Veränderungen in der Gesamtanbaufläche geführt hat. Bereits in der Vergangenheit war eine Flächenabnahme der Nachwachsenden Rohstoffe befürchtet worden, als die in den 90er Jahren vorgeschriebene Flächenstilllegung schrittweise runtergefahren und schließlich ganz abgeschafft wurde. Auf den stillgelegten Flächen war der Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen erlaubt. Eine Änderung ergab sich nochmal mit der Einführung der EU-weiten Greening-Maßnahmen (Regulation (EU) 2017/2393). Hier wurde nachträglich ab 2018 auch der Anbau der beiden mehrjährigen Kulturen Chinaschilf (*Miscanthus x giganteus*) und Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als greeningfähige Kulturen erlaubt (Emmerling und Pude, 2017).

Insbesondere die Durchwachsene Silphie mit einer Anbaufläche von derzeit knapp 3.500 ha ist hier zu nennen, da sie als Maisersatz für Biogasanlagen immer häufiger zum Einsatz kommt (Gansberger et al., 2015, Wever et al., 2019). Dies könnte aber auf den ersten Blick den Eindruck erwecken, dass nur eine Kultur gegen eine andere Kultur ausgetauscht wird, dabei handelt es sich um zwei völlig verschiedene ein- bzw. mehrjährige Kulturen. Denn die positive Bilanz der ökosystemaren Dienstleistungen liegt bei der Silphie auf einem wesentlich höheren Niveau.

Trotz Anbaustagnation stellt man aber sehr wohl eine zunehmende Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen, sowohl von Pflanzen als auch von Reststoffen fest (FNR, 2021). Der Anbau dieser Kulturen steht allerdings immer in Konkurrenz zu den Flächen für die Nahrungsmittelproduktion. Gleichzeitig geht die Ackerfläche durch neue Siedlungsflächen kontinuierlich zurück.

Umso wichtiger erscheint es effektive low-input Pflanzen anzubauen, die im Optimalfall auch noch auf marginalen Flächen oder z.B. Industriebrachen angebaut werden können. Die aktuelle Bioökonomiestrategie Deutschlands sieht dies so vor. Hinzu kommt die Renewable-Carbon-Strategie unter Federführung des Nova-Institutes mit zahlreichen großen Unternehmen bzw. Konzernen ([www.renewable-carbon.eu](http://www.renewable-carbon.eu)).

Es stellt sich daher die Frage, wie sich zukünftig der Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, auch flächenmäßig sinnvoll weiterentwickeln sollte.

## 2 Pflanzenbauliche Möglichkeiten ausnutzen

Betrachtet man den Acker- und Pflanzenbau in Deutschland stellt man fest, dass es zahlreiche Strategien hin zu einem vielfältigeren Pflanzenbau mit mehrgliedrigen Fruchtfolgen gibt. Beispiele sind die angelaufene Eiweißpflanzenstrategie des Bundes oder die geplante Ackerbaustrategie 2035 (BMEL, 2020).

Es ist pflanzenbauliches Grundwissen, dass ein Kulturartenwechsel in der Felderfolge zwingend erforderlich ist, um ertragreich, aber auch nachhaltig auf den Ackerflächen wirtschaften zu können. Darüber hinaus spielt der Humusaufbau im Boden nicht nur als immens bedeutender CO<sub>2</sub>-Speicher eine große Rolle, sondern auch für die Wasserhaltekapazität des Bodens. Diese Bedeutung für den Boden wird vor allem den Landwirten durch die Dürren der letzten Jahre immer bewusster. Um mit immer weniger Wasser zurecht zu kommen, sind Pflanzen mit einem ausgeprägten Wurzelsystem erforderlich, woran die Wissenschaft mit züchterischen Methoden an mehreren bekannten Kulturen arbeitet (Siddiqui et al., 2020). Durch die extremen Wetterereignisse der letzten trockenen Jahre hat sich gezeigt, dass die zunehmende Frühjahrstrockenheit die Etablierung von herkömmlichen einjährigen Kulturen vor zunehmende Probleme stellt. Währenddessen haben sich mehrjährige Kulturen durch ein kontinuierlich aufgebautes Wurzelsystem als deutlich robuster gegenüber dem Klimawandel erwiesen.

So konnte man z.B. bei der Durchwachsenen Silphie kaum nennenswerte Ertragseinbußen feststellen. Des Weiteren blüht diese Kultur sehr lange, bis in den Spätherbst hinein (**Abbildung 1**) und bietet so zahlreichen Insekten Nahrung (Biertüpfel et al., 2018).



**Abbildung 1:** Verschiedene blühende Durchwachsene Silphie am Campus Klein-Altendorf

Auch andere Kulturen, wie Miscanthus, stehen über dem gesamten Winter als dichte Bestände auf dem Feld und bieten dadurch zahlreichen Insekten wie z.B. Marienkäfern oder Florfliegen eine Überwinterungsmöglichkeit. Darüber hinaus sind effiziente C<sub>4</sub> Pflanzen wie Miscanthus in der Lage auch bei hohen Temperaturen noch Photosynthese zu betreiben und dadurch weiter zu wachsen.

Auf dem Campus Klein-Altendorf, dem pflanzen- und gartenbaulichen Außenlabor der Universität Bonn werden seit vielen Jahren diese potentiellen alternativen Kulturen erprobt. Bei Miscanthus und bei den vielfältigen ein- und mehrjährigen Arzneipflanzen blickt man hier auf eine mittlerweile über 27-jährige Erfahrung zurück. Ein interessantes Projekt, gefördert über die FNR e.V. / BMEL, „Entwicklung eines Bestäubungsmanagements im Arzneipflanzenanbau zur Steigerung der Erträge und gleichzeitigen Erhöhung der Ökosystemleistungen“ hat dazu gerade erste sehr spannende Ergebnisse im Bereich Arzneipflanzen geliefert (Hamm et al., 2016).

Bereits vor 10 Jahren wurde der extrem schnell wachsende Blauglockenbaum (*Paulownia*) (Ayan et al., 2006) im Anbau erfolgreich erprobt (**Abbildung 2**). In Zusammenarbeit mit dem Botanischen Garten in Bonn wurden neue Sorten aus unterschiedlichen Herkünften selektiert. Daraus ist es zu einer erfolgreichen Ausgründung aus der Professur gekommen.



**Abbildung 2:** Herkunftsversuch von Paulownia (Blauglockenbaum); einjähriger Bestand am Campus Klein-Altendorf

Zur Durchwachsenen Silphie wurde in den letzten Jahren der mittlerweile weltweit größte Genotypen-Pool etabliert und erste neue Formen werden aktuell für verschiedene Anwendungszwecke selektiert. Damit kann zukünftig ein viel größeres Anwendungsfeld für die Silphie erschlossen werden (Wever et al., 2020).

Es ist also grundsätzlich möglich alleine mit dem Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen und auch mit den vielfältigen Arzneipflanzen die Kulturlandschaft nachhaltig zu bereichern. Dies sollte viel mehr in den Vordergrund gestellt werden und könnte auch eine Maßnahme sein, um den Anbau in Deutschland zielgerichtet und nachhaltig weiter auszudehnen.

### 3 Suche nach weiteren Produktentwicklungen und Absatzmöglichkeiten

Um den Anbau diverser Nachwachsender Rohstoffe weiter ausbauen zu können, sind neue Produktentwicklungen und auch Absatzmöglichkeiten nötig. Große und teilweise ganz neue Absatzfelder können sich für Nachwachsende Rohstoffe aus den Forschungen im Rahmen der

Bioökonomie-Strategie ergeben. Hier gibt es sehr viele Ideen, wie man u.a. höherpreisige Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen entwickeln kann (Bioeconomy Science Center NRW: [www.biosc.de](http://www.biosc.de)).

Allerdings wurde hier häufig nicht der Anbau dieser Pflanzen mitberücksichtigt. Eine interdisziplinäre Forschung über die gesamte Wertschöpfungskette ist daher unabdingbar. Dadurch dürften sich neue Erkenntnisse und neue Ideen zu nachwachsenden Rohstoffen entwickeln lassen.

Bei Miscanthus steht mittlerweile die stoffliche, gegenüber der energetischen Nutzung im Vordergrund. Dies sollte bei der durchwachsenen Silphie oder der Virginiamalve (*Sida hermaphrodita*) ebenfalls stärker betrachtet werden. Denn bei einer stofflichen Nutzung kann die lange Blütezeit dieser Kulturen von bestäubenden Insekten stärker ausgeschöpft werden, da keine Grünernte bereits im Herbst erfolgen muss. Es kann hier trockene, über Winter abgereifte Biomasse z.B. für die Papierindustrie erzeugt werden (Wever et al. 2020).

Im aktuell von der FNR e.V / BMEL geförderten Projekt „Schaffung züchterischer Grundlagen und agronomische Evaluation innerhalb neuer *Silphium perfoliatum* - Herkünfte“ werden u.a. wesentlich standfestere Herkünfte mit höherem Zellulosegehalt selektiert. Darüber hinaus stören die Blattbecher der Silphie bei längerer Standzeit bis in den Winter hinein. Bedingt durch die andauernde Feuchte im Bestand kommt es zu Pilzbefall und in der Folge gehen die Bestände verstärkt ins Lager und liefern so eine Biomasse minderer Qualität. Daher werden becherlose Silphie mit speziellen Eigenschaften, wie z.B. hohe Zellulosegehalte, selektiert werden müssen. Dieses Beispiel soll aufzeigen, dass die Suche nach neuen Nutzungsmöglichkeiten und auch die züchterische Weiterentwicklung für nachwachsende Rohstoffe interdisziplinär durchgeführt werden müssen.

Ein sehr großer Markt ist z.B. die deutsche Torf- und Erdenindustrie mit einem jährlichen Bedarf an Substraten von 9,5 Mio. m<sup>3</sup> allein für den Produktionsgartenbau (IVG 2020). Die Torfabbaugenehmigungen in Deutschland werden in wenigen Jahren auslaufen. Daher ist die Suche nach alternativen regional erzeugbaren Substratrohstoffen essentiell. Insbesondere Miscanthus und Silphie aber auch Virginiamalve scheinen hier besonders gut geeignet zu sein, zumal sie hohe Biomasseerträge mit speziellen stofflichen Eigenschaften bieten. So zeigen langjährige Untersuchungen an der Universität Bonn, dass sich Miscanthus sehr gut als Wurzelmedium für Tomaten, aber auch für Erdbeeren im geschützten Anbau eignen (Kraska et al., 2018). Bei dem neuen Substratrohstoff müssen das Bewässerungs- und Nährstoffmanagement auf den neuen Substratrohstoff angepasst werden. Dazu sind den Gärtnern entsprechende Handlungsempfehlungen aus den Versuchen aufzuzeigen. Daher kommt auch dem Wissenstransfer von der Forschung in die landwirtschaftliche / gartenbauliche Praxis eine große Bedeutung zu.

Ein anderer großer Absatzmarkt für mehrjährige Nachwachsende Rohstoffe ist die Baustoff-Industrie, die nach Alternativen zum weltweit knapper werdenden Sand sucht. So wurde bereits vor vielen Jahren die Entwicklung eines Leichtbetons aus gehäckselten Miscanthus mit Zement erprobt (Pude et al., 2005; Moll et al., 2020). Hier führt Miscanthus aufgrund seines hohen Parenchym Gehaltes zu hohen Wärmedämmeigenschaften und der hohe Siliziumanteil zu akzeptablen Baustoff-Festigkeiten.

In einem weiteren Projekt an der Universität Bonn wurde an einem Hochleistungsdämmputz aus Miscanthus, Silphie und Topinambur geforscht. Diese Idee wurde patentiert (Pude und Petry, 2016) und auch erfolgreich in die Praxis umgesetzt. So wurde eine komplette Kühlraumwand am Campus Klein-Altendorf mit dem Miscanthus-Dämmputz isoliert. In weiteren Versuchen werden aktuell bindemittelfreie Platten für die Bau- oder Möbelindustrie entwickelt, welche mit hohem Druck heißgepresst werden (Moll et al., 2020).

Durch die 2019 in Deutschland eingeführte Verpackungsgesetznovellierung befinden sich viele Firmen unter Zugzwang und sehen großen Handlungsbedarf darin, ihre Verpackungen nachhaltig ökologischer zu gestalten. Bedingt durch den ständig zunehmenden Online-Handel nimmt auch der Bedarf an Verpackungsmaterial zu.

Daher besteht ein steigender Bedarf an alternativen Rohstoffen für die Papierindustrie. Obwohl schon sehr große Mengen an kostengünstigerem Altpapier zugemischt werden, sind dennoch frische und teurere Fasern erforderlich, um reißfeste Kartonagen produzieren zu können. Diese frischen Fasern stammen meist von Bäumen wie Eukalyptus oder Birke, welche aber zunächst chemisch aufgeschlossen werden müssen.

Dieser Anteil kann durch einen rein mechanischen Aufschluss von Fasern aus Nachwachsenden Rohstoffen teilweise ersetzt werden (Fraser et al., 2018). Dies würde wesentlich weniger Ressourcen wie Wasser und Chemikalien verbrauchen. Beispielsweise ist dies mit den Fasern aus grasartigen Rohstoffen bereits gelungen. Der REWE-Konzern hat bereits Verpackungsschalen mit >25% Grasfaser erfolgreich am Markt getestet.

Da das Gras bzw. Heu allerdings in den Dürre Jahren 2018, 2019 und teilweise auch 2020 fast ausschließlich als Futter für die Tiere verwendet wurde, kommt staudigen schnellwachsenden Nachwachsenden Rohstoffen auch hier eine besondere Bedeutung zu.

Die Eignung mechanisch aufgeschlossener Biomasse-Pflanzen wie Silphie, Sida, Miscanthus oder Paulownia konnten mittlerweile nachgewiesen werden (Fraser et al., 2018; Höller et al., 2018). Mittlerweise wurde sogar die ehemalige Papierfabrik Scheufelen in Lenningen ganz auf die Papierproduktion aus Silphiefasern umgestellt ([www.out-nature.de](http://www.out-nature.de)).

## 4 Umsetzung einer regionalen Bioökonomie

Um die vielfältigen Ideen zur Anbauoptimierung und zur höherwertigen Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen schneller voran zu bringen, geht die Professur Nachwachsende Rohstoffe besondere Wege. Sie ist am Campus Klein-Altendorf, dem pflanzen- und gartenbaulichen Versuchswesen der Universität Bonn angesiedelt.

Neue Kulturen wie Miscanthus, Silphie, Minze oder Fenchel werden schrittweise von den umliegenden Landwirten in ihren Betrieben angebaut und vermarktet. Mit Mohn und Lein werden aktuell regionale Rohwarenpartnerschaften mit Bäckereien innerhalb eines BLE-Projektes erarbeitet.

Um nicht nur den Anbau, sondern gleichzeitig auch den Absatz der Nachwachsenden Rohstoffe zu fördern, haben 2015 die Hochschuleinrichtungen der Region, die Unternehmen und die beiden Kommunen Meckenheim und Rheinbach zusammen mit dem Rhein-Sieg-Kreis den „bio innovation park Rheinland e.V.“ ([www.bio-innovation.net](http://www.bio-innovation.net)) gegründet. Dieses Netzwerk für Bioökonomie und grüne Technologien soll eine viel schnellere und vor allem regionale Umsetzung der Forschungsergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis und die Unternehmen forcieren. Dabei gehen auch die Kommunen ganz neue Wege. So ist in dem gut 20 ha großen neuen Unternehmerpark Kottenforst eine Ansiedlung für Firmen nur möglich, wenn sie beim Bau Nachwachsende Rohstoffe und regenerative Energietechnik einsetzen.

Diese enge Zusammenarbeit zwischen Forschung und Kommunen wurde bereits beim „Award 2019 für innovative Wirtschaftsförderungen“ des Bundes mit dem zweiten Platz in Berlin ausgezeichnet. 2020 gewann der „bio innovation park Rheinland e.V.“ den ersten Preis im NRW.Bank-Ideenwettbewerb der Kommunen NRW.

In dem Unternehmerpark wurde im Rahmen des NRW-Infrastruktur-Projektes „Kompetenzschwerpunkt biobasierte Produkte“ als erstes ein kleines Gebäude ausschließlich aus Miscanthus und Paulownia errichtet (**Abbildung 3**). Hier wurden auch die oben beschriebenen Entwicklungen verbaut.





**Abbildung 3:** „Workbox“ aus Miscanthus und Paulownia im Unternehmerpark Kottenforst, Meckenheim

In unmittelbarer Nachbarschaft befindet sich die Fa. TeeGeschwender, welche mittlerweile die gemeinsam am Campus Klein-Altendorf selektierte „Meckenheimer Apfelminze“ in der Region anbauen lässt. Die Verpackung des Tees stammt aus regionalen nachwachsenden Rohstoffen.

Diese Beispiele sollen aufzeigen, dass es zukünftig durch regionale Strategien möglich sein wird viel schneller nachwachsende Rohstoffe aus der Region für die Region nachhaltig zu etablieren.

## Zusammenfassung

### Nachwachsende Rohstoffe aus der Region und für die Region

Trotz Anbaustagnation nimmt die Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen, sowohl von Pflanzen als auch von Reststoffen zu (FNR, 2021). Der Anbau dieser Kulturen steht allerdings immer in Konkurrenz zu den Flächen für die Nahrungsmittelproduktion. Gleichzeitig geht die Ackerfläche durch neue Siedlungsflächen kontinuierlich zurück.

Es stellt sich daher die Frage, wie der Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, auch flächenmäßig zukünftig sinnvoll weiterentwickelt werden sollte.

Dazu bieten sich verschiedene Lösungswege an.

So ließen sich effektive low-input Pflanzen kultivieren, die im Optimalfall auch noch auf marginalen Flächen oder z.B. Industriebrachen angebaut werden können. Die aktuelle Bioökonomiestrategie Deutschlands sieht dies so vor.

Hinzu kommen Maßnahmen in Zuge der Renewable-Carbon-Strategie unter Federführung des Nova-Institutes mit zahlreichen großen Unternehmen bzw. Konzernen ([www.renewable-carbon.eu](http://www.renewable-carbon.eu)). Dabei ist der Anbau dieser Pflanzen zu berücksichtigen; d. h. es ist eine interdisziplinäre Forschung über die gesamte Wertschöpfungskette notwendig. Dadurch dürften sich auch neue Erkenntnisse und neue Ideen zu Nachwachsenden Rohstoffen ergeben.

Um die vielfältigen Ideen zur Anbauoptimierung und zur höherwertigen Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen schneller voran zu bringen, geht die Professur Nachwachsende Rohstoffe besondere Wege.

Beispiel hierfür ist die gemeinsame Gründung des „bio innovation park Rheinland e.V.“ ([www.bio-innovation.net](http://www.bio-innovation.net)) von den Hochschuleinrichtungen der Region, den Unternehmen und den beiden Kommunen Meckenheim und Rheinbach zusammen mit dem Rhein-Sieg-Kreis. Ein solches Netzwerk für Bioökonomie und grüne Technologien soll eine viel schnellere und vor allem regionale Umsetzung der Forschungsergebnisse in die landwirtschaftliche Praxis und die Unternehmen forcieren. Der Aufbau solcher Netzwerke zur Umsetzung einer regionalen Bioökonomie ist verstärkt anzustreben.

## Summary

### Renewable raw materials from the Region, and for the Region

Although their cultivation stagnates, the use of renewable raw materials of both, plants, and residual materials (FNR, 2021), is on the increase. The use of land for the cultivation of these crops, however, is always in competition with its use for food production. At the same time there is a continuous decrease in arable land due to new human settlements.

The question therefore arises how the cultivation of renewable raw materials in Germany should be further developed in a meaningful way in the future, also in terms of area.

There are several solutions to this problem.

One solution would be the cultivation of effective low-input plants, which, at best, could even be cultivated on marginal sites or, for example, on brownfield sites. This is stipulated accordingly in Germany's current bioeconomy strategy.

In an additional step, measures are being taken in the scope of the Renewable Carbon Strategy under the leadership of nova-Institute, together with numerous large companies and/or groups ([www.renewable-carbon.eu](http://www.renewable-carbon.eu)). The cultivation of these plants is to be considered in this context, which means that interdisciplinary research along the entire value-added chain is needed. This should also generate new insights and new ideas regarding renewable raw materials.

To take forward the numerous ideas on the optimization of crops, and for higher quality exploitation of renewable raw materials more quickly, the Chair of Renewable raw materials is going its own way. This includes the „bio innovation park Rheinland e.V.“ ([www.bio-innovation.net](http://www.bio-innovation.net)), jointly set up by the higher education institutions of the region, companies, and the local authorities of Meckenheim and Rheinbach, together with the regional authority of the Rhein-Sieg-Kreis. Such a network for bioeconomy and green technologies aims at much faster and, above all, regional implementation of research results in agricultural practice and in companies. The establishment of such networks for the implementation of a regional bioeconomy should be increasingly pursued.

## Literatur

1. AYAN, S., SIVACIOGLU, A. and N. BIIR, 2006: Growth variation of Paulownia Sieb. and Zucc. species and origins at the nursery stage in Kastamonu-Turkey. *Journal of Environmental Biology* 27(3) 499-504.
2. BIERTÜPFEL, A., KÖHLER, J., RHEINHOLD, G., GÖTZ, R. und W. ZORN, 2018: Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Durchwachsener Silphie. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL).
3. BMEL, 2020: Eiweißpflanzenstrategie des Bundes; die geplante Ackerbaustrategie 2035 (Homepage).
4. EEG, 2017: Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien
5. EMMERLING, C. und R. PUDE, 2017: Introducing Miscanthus to the greening measures of the EU Common Agricultural Policy. *GCB Bioenergy*, 9(2), 274-279.
6. FNR e.V., 2021: Homepageinformation zum Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen. <https://www.fnr.de/nachwachsende-rohstoffe/anbau>.
7. FRASE, N., HÖLLER, M., VÖLKERING, G. und R. PUDE, 2018: Prozessentwicklung in der Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen als Papierrohstoff für die Verpackungsindustrie. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.*, Band 30, S. 187-188.
8. GANSBERGER, M., MONTGOMERY, L. und P. LIEBHARD, 2015: Botanical characterization, crop management and potential of *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production. A review; *Industrial Crops and Products*, Vol. 63.

9. HÖLLER, M., FRASE, N., VÖLKERING, G., PUDE, R., 2018: Mechanische Vorbehandlung von *Lolium perenne*, *Silphium perfoliatum* und *Sida hermaphrodita*, und deren Einfluss auf die Faser- und Partikelmorphologie. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 30, 191-192.
10. HAMM, A., PUDE, R. und H. BLUM, 2016: Untersuchungen zur Bestäubungsökologie von Arzneipflanzen: How insects spice up their lives. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., Band 28, S. 14-15.
11. IVG    Industrieverband    Garten,    2020:  
<https://substratbuch.ivg.org/static/flipbook/flipbook.html#p=230>
12. KRASKA, T., KLEINSCHMIDT, B., WEINAND, J. und R. PUDE, 2018: Cascading use of *Miscanthus* as growing substrate in soilless cultivation of vegetables (tomatoes, cucumbers) and subsequent direct combustion. Scientia Horticulturae 235, 205-213.
13. SIDDIQUI, Md., LEON, J., NAZ, A. and A. BALLVORA, 2020: Genetics and genomics of root system variation in adaptation to drought-stress in cereal crops. Journal of Experimental Botany.
14. LEWANDOWSKI, I., KICHERER, A. and VONIER, P., 1995: CO<sub>2</sub>-balance for the cultivation and combustion of *Miscanthus*. Biomass and Bioenergy, Volume 8, Issue 2.
15. MOLL, L., WEVER, C., VÖLKERING, G. PUDE, R. (2020). Increase of *Miscanthus* Cultivation with New Roles in Materials Production - A Review. Agronomy, 10 (308).
16. PUDE, R. und PETRY, M. 2016: Verfahren zur Herstellung eines Dämmstoffes (DE 10 2015 003 373 A1 2016.09.22). Offenlegungsschrift vom 22.09.2016 deutsches Patent- und Markenamt.
17. PUDE, R. TRESELER, C.-H., TRETTIN, R. und G. NOGA, 2005: Suitability of *Miscanthus* Genotypes for lightweight concrete. Die Bodenkultur 56 (1), 61-69.
18. WEVER, C., HÖLLER, M., BECKER, L., BIERTÜMPFEL, A., KÖHLER, J., INGHELANDT, D., WESTHOFF, P., PUDE, R., PESTSOVA, E. 2019. Towards high-biomass yielding bioenergy crop *Silphium perfoliatum* L.: phenotypic and genotypic evaluation of five cultivated populations. Biomass and Bioenergy 124, 102-113.
19. WEVER, C., VAN TASSEL, D.L., PUDE, R. (2020). Third-Generation Biomass Crops in the New Era of De Novo Domestication. Agronomy, 10 (1322).

## Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Ralf Pude

INRES-Nachwachsende Rohstoffe

Universität Bonn

Campus Klein-Altendorf

Klein-Altendorf 2

53359 Rheinbach, Germany

E-Mail: [r.pude@uni-bonn.de](mailto:r.pude@uni-bonn.de)

Homepage: [www.nawaro.uni-bonn.de](http://www.nawaro.uni-bonn.de)