

SR 2 **Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt:**

SR 3 **Stroh & Reststoffe - Basisdaten für 100%-Szenarien**

SR 4 Untersuchung zu Möglichkeiten und Grenzen der energetischen Nutzung von Stroh und anderen Bio-Reststoffen unter den Bedingungen von 100% Erneuerbare Energie-Regionen in Deutschland.

SR 5 Version: 110413

SR 7 Den Schwerpunkt dieses Kapitels bildet die energetische Nutzung von Stroh, das beim Getreideanbau als Nebenprodukt anfällt. Es schließt sich eine Betrachtung der sonstigen Reststoffe an.

SR 9 **1. Stroh**

SR 10 Wegen seines hohen Zellulose-Anteils ist Stroh ähnlich wie Holz thermisch verwertbar.

SR 11 Trotz der schwierigeren Verbrennungseigenschaften ist es, auch wegen der guten Speicher- und Abrufbarkeit, für die energetische Nutzung attraktiv, wie beispielsweise zahlreiche Strohkraftwerke in Dänemark und Spanien zeigen.

SR 13 **1.1. Stoffangebot**

SR 14 Im Referenzjahr 2007 wurde in Deutschland auf einer Fläche von 6.571.689 Hektar Getreide [SR86], und zwar überwiegend Weizen, angebaut, das entspricht 35,0 Prozent der Agrarfläche [SR88].

SR 15 Inwieweit sich die Größe der Getreideanbaufläche künftig ändern wird, ist schwer einschätzbar. Drei Einflüsse könnten aber den Druck auf die Anbauflächen in Deutschland verstärken:

SR 17 - Durch die abzusehende Verschärfung der Welt-Ernährungssituation können die Importe zurückgehen.

SR 18 - Die mittelfristig unumgängliche Umstellung auf ökologische Kreislaufwirtschaft wird ein niedrigeres Ertragsniveau bewirken.

SR 19 - Die erforderliche Substitution von Kohle, Erdöl und Erdgas in der Kunststoffproduktion und chemischen Industrie durch nachwachsende Rohstoffe.

SR 20 Lediglich eine Reduzierung des Fleischanteils an der Ernährung würde sich mildernd auf die Situation auswirken.

SR 21 Als sicher kann somit gelten, dass ein erheblicher Bedarf an Getreideanbau für die Ernährung bestehen bleibt.

SR 22 Vor diesem Hintergrund erscheint es ratsam, beim Zielansatz im Vergleich zum Status [24] nicht von einer Reduzierung der Getreideanbauflächen, zum Beispiel zugunsten des Energiepflanzenanbaus, auszugehen.

SR 24 Der Statuswert für die Getreide-Anbauflächen deutscher Landkreise und Bundesländer für das Referenzjahr 2007 ist online verfügbar und kann anhand der Anleitung [100], Positionen 10, 80, 90, ermittelt werden.

SR 26 Der durchschnittliche jährliche Getreidestrohertrag liegt in Deutschland zwischen 5 und 6 Tonnen pro Hektar [SR90], in Hinsicht auf Mindererträge durch ökologische Kreislaufwirtschaft werden hier 5 Tonnen angesetzt.

SR 27 Regionale Ertragsunterschiede durch Boden- und Klimaverhältnisse bleiben hier unberücksichtigt, ebenso eventuelle Auswirkungen des Klimawandels.

SR 29 **1.2. Energetisch nutzbarer Anteil**

SR 30 In Deutschland spielt die energetische Nutzung von Stroh zurzeit noch keine nennenswerte Rolle, der größte Teil wird entweder als Einstreu in der Tierhaltung genutzt oder verbleibt gehäckselt gleich auf dem Acker.

- SR 31 Mehrere Studien zur Frage, wieviel Stroh künftig für energetische Zwecke ohne negative Auswirkung auf die Humusbildung vom Acker entfernt werden darf, kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen.
- SR 32 In einem Positionspapier des IFEU [SR98] mit der Bewertung von 7 Studien wird vorgeschlagen, in Ökobilanzen für die energetische Nutzung von Stroh als Durchschnitt ein Drittel des anfallenden Getreidestrohs anzusetzen.
- SR 33 Davon ausgehend wird hier ein Ansatz empfohlen, der nicht über 33 Prozent hinaus geht.

SR 35 1.3. Energieinhalt

- SR 36 Der Heizwert von lufttrockenem Getreidestroh mit einem Wassergehalt von 15 Prozent wird mit 14,5 MJ pro Kilogramm [SR92] entsprechend 4,0 kWh pro Kilogramm [SR94] angegeben.
- SR 37 Daraus ergibt sich ein jährlicher Brutto-Energieertrag von durchschnittlich 20,1 MWh pro Hektar.

SR 39 1.4. Technologien

- SR 40 Wie aus Holz lässt sich auch aus Stroh Wärme, Strom oder Treibstoff gewinnen.
- SR 41 Der Stoff sollte möglichst dort eingesetzt werden, wo er optimalen Nutzen bringt. Für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme für die Gebäudeheizung ist der wertvolle Brennstoff Stroh eigentlich zu schade und ist hier nicht vorgesehen.
- SR 43 Für den Ersatz fossiler Brennstoffe bei der Prozesswärmegewinnung könnte Stroh als Ballen, Strohpellets oder in brikettierter Form gut eingesetzt werden.
- SR 44 Technologische Herausforderungen liegen im erhöhten Gehalt an aggressivem Chlor und den relativ zum Holz großen Aschemengen einschließlich der zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit erforderlichen Rückführung als Mineralstoffdünger auf die Ackerflächen.
- SR 45 Eher fraglich erscheint die Stromgewinnung in Gas-/Dampfkraftwerken, wegen des geringen erzielbaren Deckungsbeitrags und der oben beschriebenen Einschränkungen.
- SR 46 Auch die Gewinnung von Treibstoff könnte sich wegen der anschließenden Verwendung in Verbrennungsmotoren mit schlechten Wirkungsgraden den Elektroantrieben und dem Biogas als unterlegen erweisen.
- SR 47 Stroh erscheint daher prädestiniert für den Ersatz von fossilen Brennstoffen bei der Prozesswärmeerzeugung in der Industrie und im Dienstleistungssektor.
- SR 49 Für die unterschiedlichen Nutzungs-Technologien wurden heutige und künftig erreichbare Wirkungsgrade in Anlehnung an die Holz-Nutzung [SR96] angenommen (als Prozentwert in Klammern) und aus dem Brutto-Energieertrag [SR37] die jeweils erreichbaren jährlichen Energieerträge in MWh pro Hektar ermittelt:
- SR 50 1. Prozesswärmeerzeugung in Öfen: heute 12,1 (60), künftig 15,1 (75).
- SR 51 2.1 Stromerzeugung mit Gas-/Dampfturbinen: heute 4,1 (21), künftig 7,0 (35).
- SR 52 2.2 Genutzte Abwärme aus Verstromung: heute 7,4 (37), künftig 7,0 (35).
- SR 53 3. Treibstoffherzeugung durch thermochemische Verfahren: heute 10,1 (50), künftig 11,1 (55).

SR 55 2. Reststoffe

- SR 56 Bei Produktion, Verarbeitung und Verbrauch von landwirtschaftlichen Erzeugnissen fallen neben Stroh weitere Reststoffe an, die noch einen Teil der in der Pflanze gespeicherten Sonnenenergie enthalten.
- SR 57 Es liegt daher nahe, diese Stoffe vor Rückführung in den natürlichen Stoffkreislauf energetisch zu nutzen.
- SR 58 Dies geschieht bereits heute, beispielsweise durch Vergärung von Pflanzenresten, Gülle, Altfetten oder Klärwasser in Biogasanlagen.
- SR 59 Das aus Bioabfällen gewinnbare Energiepotenzial ist schwer einschätzbar, da es von einer Reihe kaum vorhersehbarer Faktoren abhängt.
- SR 61 An der Vergärung von Rindergülle soll hier aber exemplarisch gezeigt werden, mit welchen Größenordnungen zu rechnen ist:

- SR 62 Aus einer Tonne Rindergülle können 25 Kubikmeter Biogas [SR98] mit einem Methangehalt von 60 Prozent erwartet werden, entsprechend 15 Kubikmeter Methan mit einem Energiegehalt von 10 kWh pro Kubikmeter entsprechend einem Energieinhalt von 150 kWh.
- SR 63 Für den jährlichen Gülleanfall pro Rind wird eine Spanne zwischen 7,5 und 21 Kubikmeter angegeben [SR98]. Hier werden 15 Kubikmeter entsprechend 15 Tonnen angenommen, mit einem Energieinhalt von 2250 kWh.
- SR 64 Unter Annahme eines Viehbesatzes von 0,8 Rindern pro Hektar Weide- bzw. Futteranbaufläche [SR98] ergibt sich ein jährlicher Energieertrag aus Viehwirtschaft mit Rindern von 1,8 MWh pro Hektar.
- SR 65 Das heisst: Biogas mit einem Energieinhalt von etwa 1,8 MWh kann von den rechnerisch 0,8 Rindern jährlich erwartet werden, die mit einem Hektar Weide- und Futteranbaufläche auskommen.
- Bei direkter Vergärung der Grassilage ergeben sich dagegen folgende Verhältnisse:
- SR 68 Angegeben wird ein jährlicher Ertrag an Grassilage von 7200 Tonnen Frischmasse auf 200 Hektar [SR98] entsprechend 36 Tonnen pro Hektar.
- SR 69 Bei einer Biogasausbeute von 172 Kubikmeter pro Tonne Grassilage mit einem Methangehalt von 54 Prozent [SR98] können jährlich 3.344 Kubikmeter Methan pro Hektar Grasland gewonnen werden, bei einem unteren Heizwert von 10 kWh pro Kubikmeter Methan entspricht das einer Energiemenge von 33,4 MWh pro Hektar und Jahr.
- SR 70 Das heisst, wenn der Grünmasseeertrag direkt, ohne den Umweg über das Rind, vergoren wird, entsteht auf dem selben Hektar jährlich Biogas mit einem Energieinhalt von 33,4 MWh.
- SR 71 Lediglich ein Rest von 5 Prozent der im Futter ursprünglich vorhandenen Energie ist demnach noch in der Gülle enthalten, die übrigen 95 Prozent sind im Tiekörper in Wärme umgesetzt, für den Aufbau von Körpermasse genutzt, mit der Milch abgezogen oder in Form von Methan in die Atmosphäre abgegeben worden.
- SR 73 Es ist davon auszugehen, dass auch für die Exkremente anderer Vieharten und nicht zuletzt die des Menschen ähnliche Werte gelten.
- SR 74 Schlachtereiabfälle, Altfette und Speisereste sind zwar sehr energiereich, die zu ihrer Erzeugung aufgewendete Anbaufläche sollte in einer zukunftsfähigen Landwirtschaft vernünftigerweise aber nur einen kleinen Teil der Gesamtfläche ausmachen, so dass die künftig anfallenden Mengen sehr überschaubar ausfallen dürften.
- SR 75 Über das Stroh hinaus fallen noch erhebliche Mengen an pflanzlichen Ernterückstände und Bioabfälle aus der Pflanzenverarbeitung an, allerdings handelt es sich überwiegend um energiearme Pflanzenbestandteile.
- SR 77 Natürlich ist es sinnvoll, die nicht mehr anderweitig zu verwendenden Bio-Reststoffe so weit wie möglich energetisch zu verwerten.
- SR 78 Aber selbst, wenn dies trotz der logistischen Herausforderung für einen großen Teil der Reststoffe gelänge, wäre der Beitrag zur Energieversorgung doch eher gering.
- SR 79 Aus diesem Grund und wegen der schwachen Datenlage werden Energiegewinne aus Bioabfällen hier nicht quantifiziert.
- SR 80 Sie bilden aber ein Entlastungspotenzial, ein Teil der angesetzten Anbauflächen für Energie- bzw. Ölpflanzen könnte durch die Bioabfallnutzung entbehrlich werden und käme so der Ernährung und Rohstoffgewinnung zugute.

SR 82 **3. Anhang**

SR 83 [Anhang A: Wertetabelle](#)

SR 85 **4. Endnoten**

SR 86 Statistische Ämter des Bundes und der Länder; "Regionaldatenbank Deutschland"; Online-Angebot, Tabelle 115-02-4, Jahr 2007, Recherche am 18.02.2011.

SR 88 Statistische Ämter des Bundes und der Länder; "Regionaldatenbank Deutschland"; Online-Angebot, Tabelle 449-01-1, Jahr 2005, Recherche am 18.02.2011:
18.764.594 Hektar Landwirtschaftsfläche in Deutschland.

SR 90 Martin Bensmann; "Stroh vergolden"; erschienen im Organ des Bundesverbandes für Erneuerbare Energien 'neue energie' 03.2006, Seite 54 ff., Seite 56

SR 92 Sophia Kiesewalter, Dr. habil. Christian Röhrich: "Brennstoff Getreidestroh - Stand und Perspektiven der energetischen Nutzung"; herausgegeben vom Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 10.2008.

SR 94 1kWh = 3,6 MJ

SR 96 Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt: "Holz - Basisdaten für 100%-Szenarien"; Version: 110213; Absatz Ho49 ff.

SR 98 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR); "Biogas Basisdaten Deutschland" (Band 185); 10.2008.

SR 100 Hans-Heinrich Schmidt-Kanefendt; "Basisdaten allgemein für 100%-Szenarien 110306"; Anhang D: Anleitung Regionaldaten-Beschaffung.
[BAD.pdf](#)

Anhang A: Wertetabelle

Bedeutung	räumlich	zeitlich	Textbezug	Einheit	Basis/Status	Ziel
Stroh & Reststoffe - Basisdaten für 100%-S:			SR5	Version:	110413	
Intensität:						
(Unterschiedliche Wachstumsbedingungen werden hier nicht berücksichtigt).				t/ha/a	-	
Umfang:						
Für Getreideanbau genutzte Flächen	Zielreg.	Status	SR24			
	Zielreg.	Zielzeit	SR22			
Vertretbarer Nutz-Anteil = Empfehlung für maximal energetisch nutzbaren Anteil am Strohertrag aus Getreideanbau	Zielreg.	konst.	SR33	Prozent		33,3
Nutz-Anteil Wärmeproduktion am jährlichen Strohertrag in Deutschland	Refreg.	Status	SR30	Prozent	0,0	
Nutz-Anteil Stromproduktion am jährlichen Strohertrag in Deutschland	Refreg.	Status	SR30	Prozent	0,0	
Nutz-Anteil Kraftstoffgewinnung aus Stroh am jährlichen Strohertrag in Deutschland	Refreg.	Status	SR30	Prozent	0,0	
Leistung:						
Energieertrag Stroh (brutto) Deutschland	Refreg.	Status	SR37	MWh/ha/a	20,1	
	Refreg.	Zielzeit	SR37	MWh/ha/a		20,1
Energieertrag Stroh Ofen (Prozesswärme) Deutschland	Refreg.	Status	SR50	MWh/ha/a	12,1	
	Refreg.	Zielzeit	SR50	MWh/ha/a		15,1
Energieertrag Stroh Kraftwerk (Strom) Deutschland	Refreg.	Status	SR51	MWh/ha/a	4,1	
	Refreg.	Zielzeit	SR51	MWh/ha/a		7,0
Energieertrag Stroh Kraftwerk (Abwärmennutzung) Deutschland	Refreg.	Status	SR52	MWh/ha/a	7,4	
	Refreg.	Zielzeit	SR52	MWh/ha/a		7,0
Energieertrag Stroh Pyrolyse (Treibstoff) Deutschland	Refreg.	Status	SR53	MWh/ha/a	10,1	
	Refreg.	Zielzeit	SR53	MWh/ha/a		11,1