

CO₂-neutrale Kraftstoffe aus dezentralen Anlagen ?

Energetische Überlegungen zur Kopplung von Biogas und Bioethanol

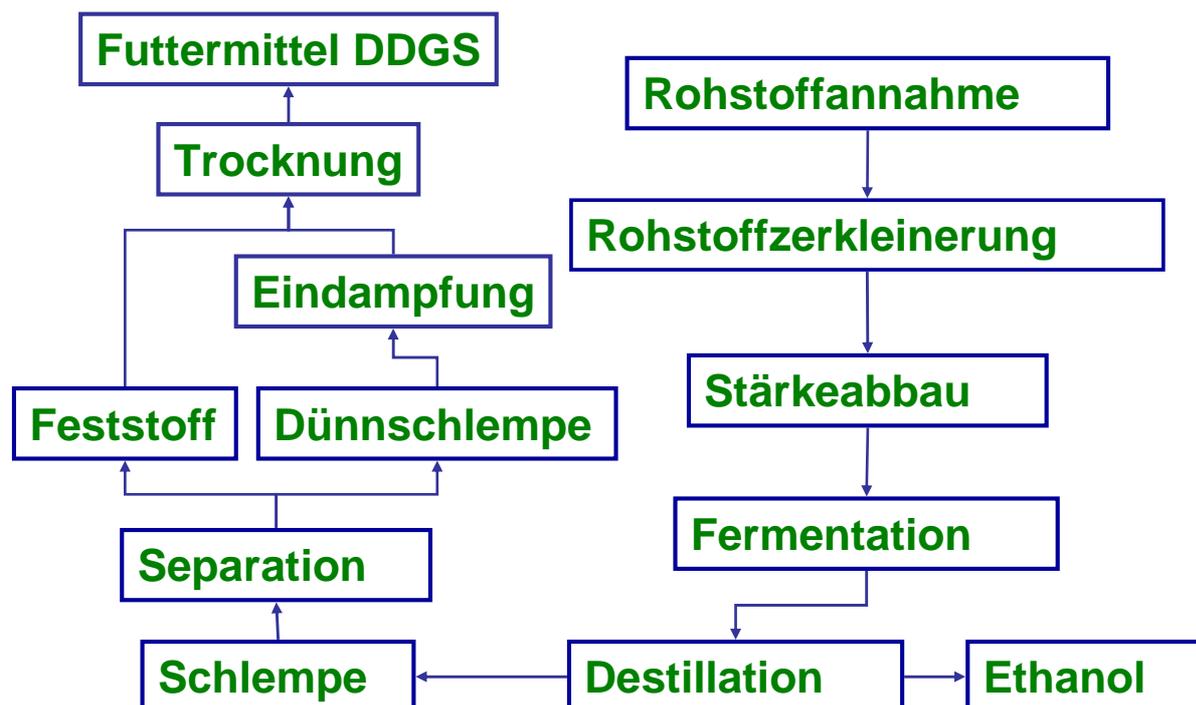
PD Dr. Thomas Senn

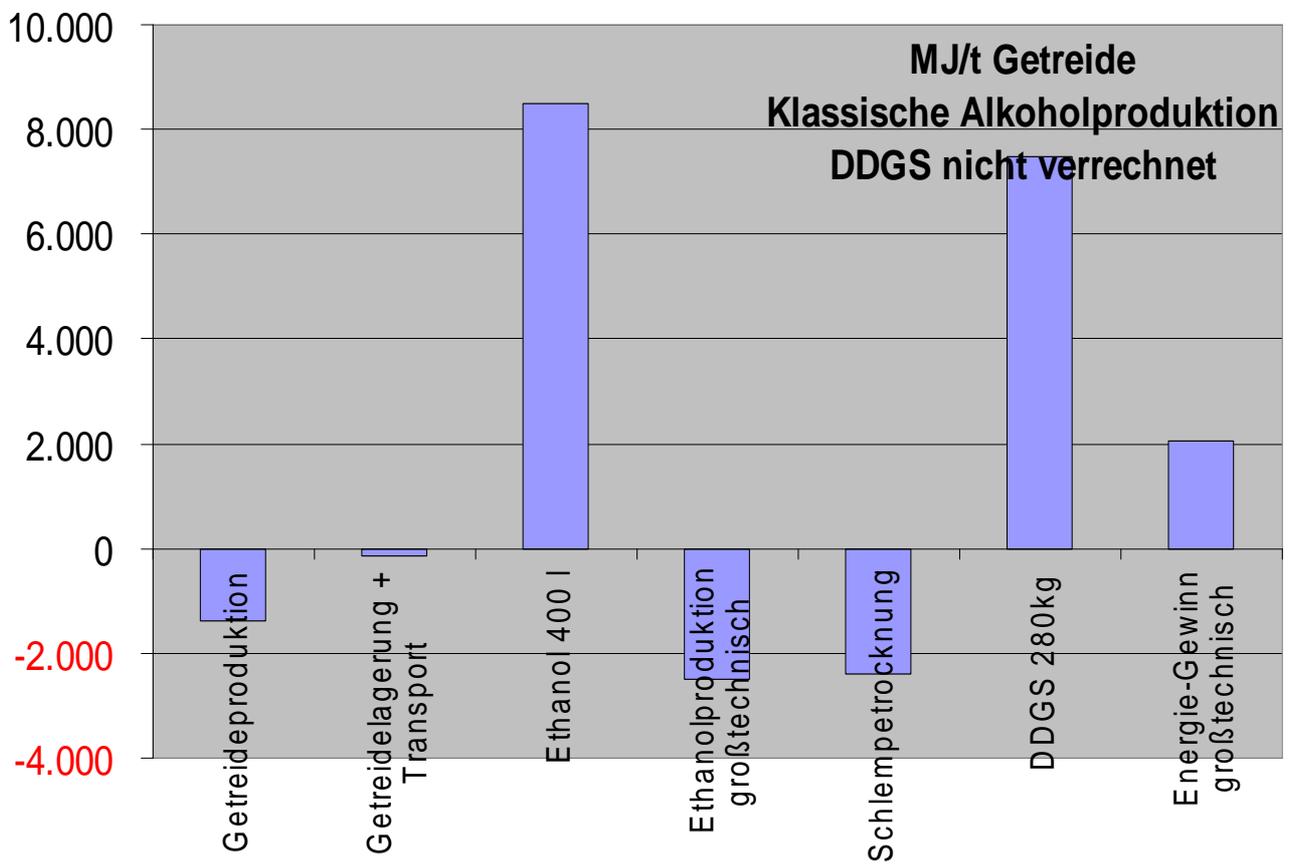


Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
Fachgebiet Gärungstechnologie mit Forschungs- und Lehrbrennerei

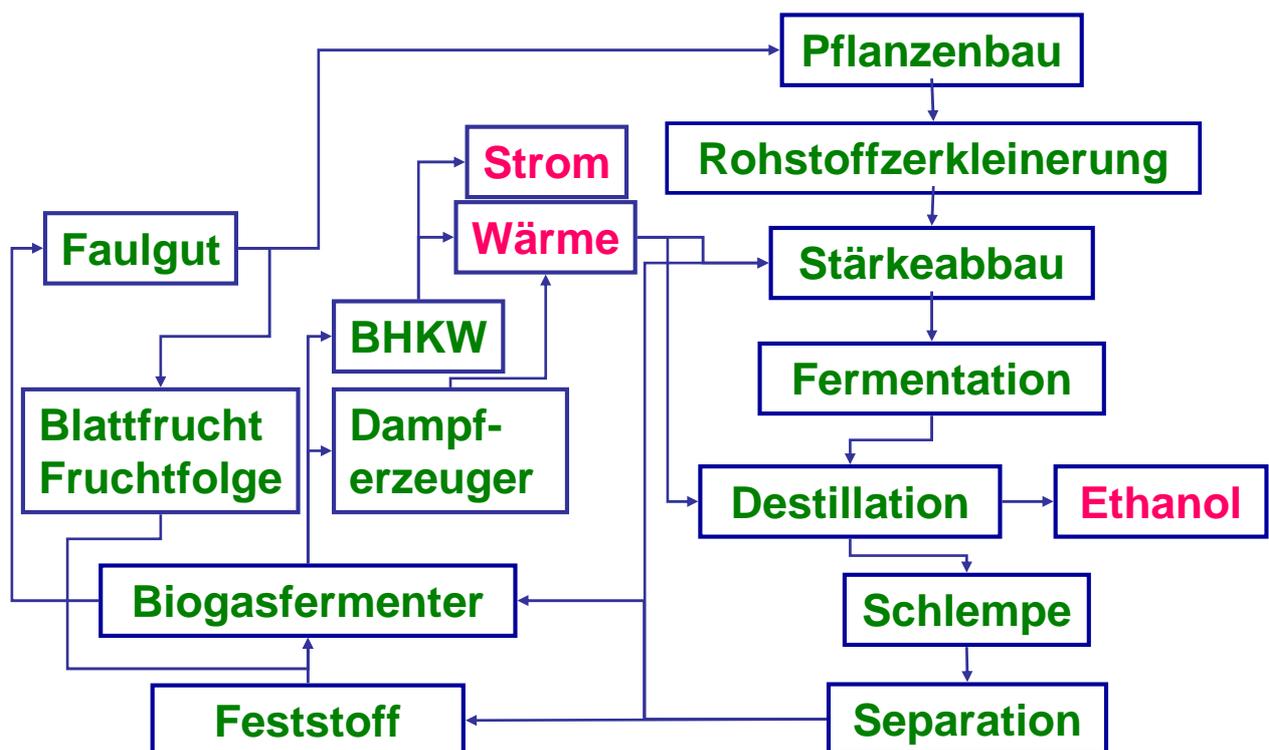


Schema der klassischen Ethanolproduktion

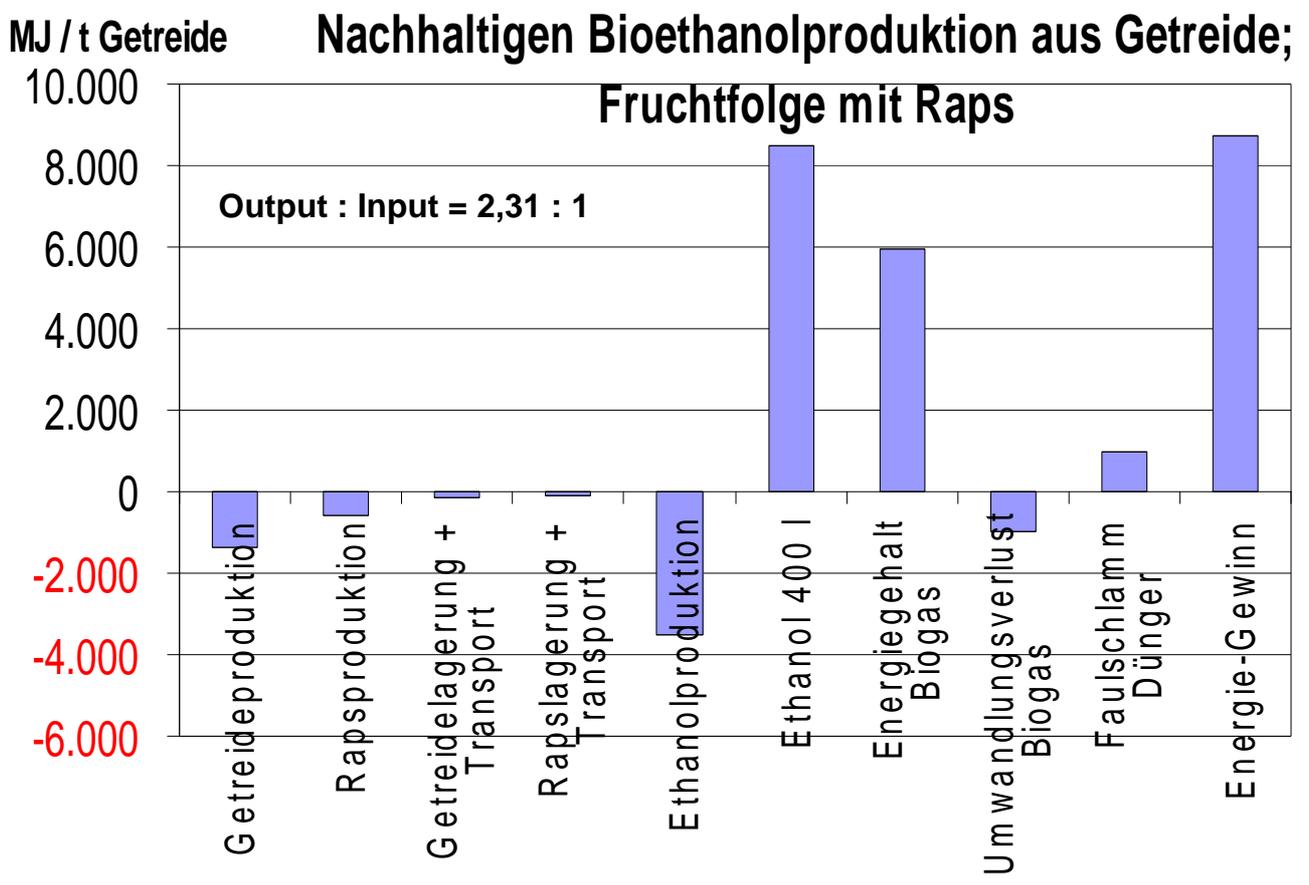
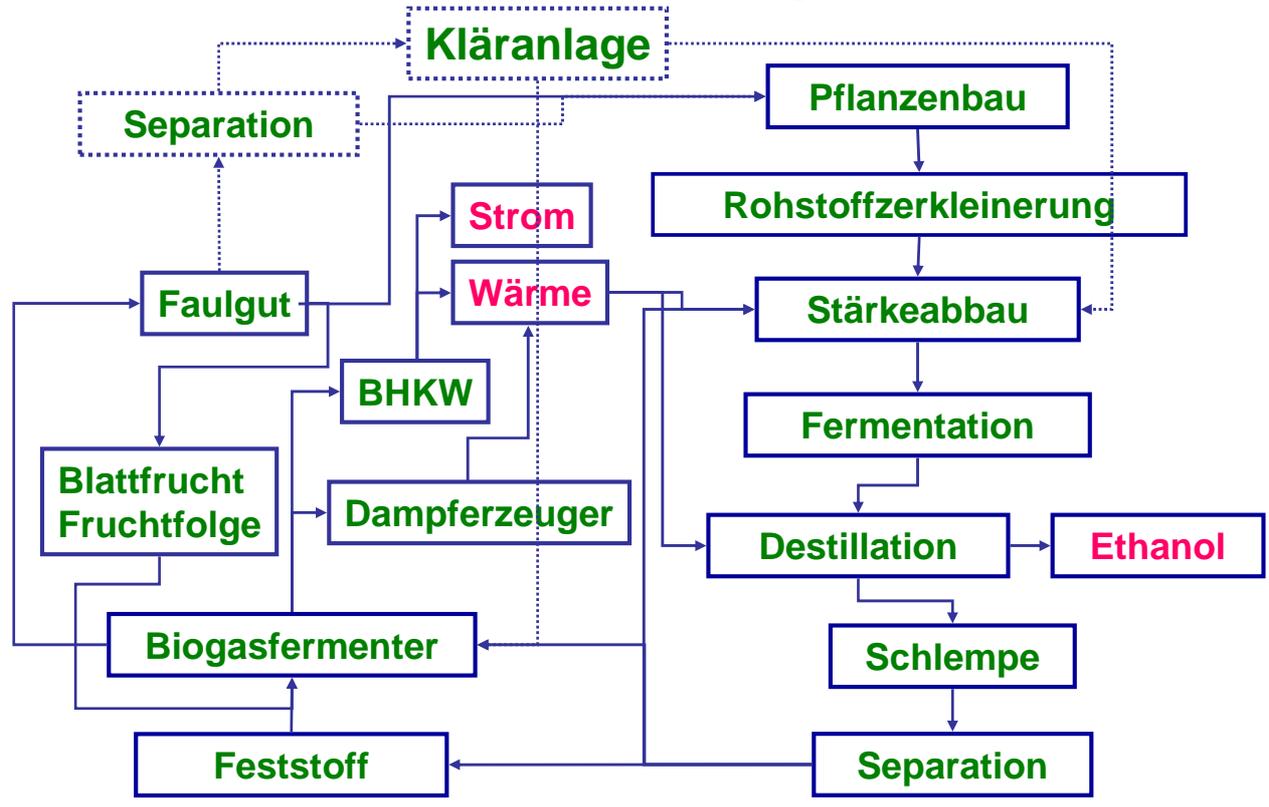




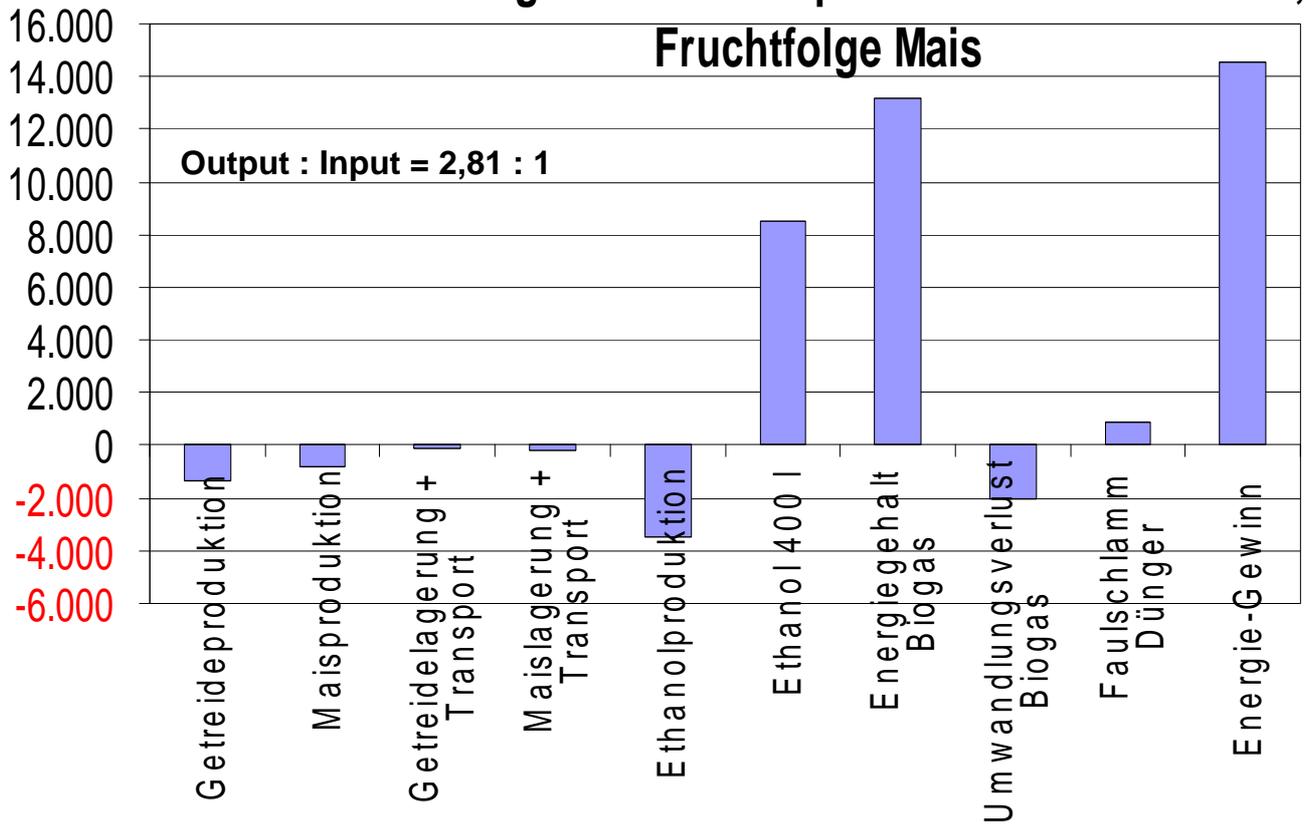
Nachhaltige Ethanolproduktion



Nachhaltige Ethanolproduktion



MJ / t Getreide Nachhaltigen Bioethanolproduktion aus Getreide;



Energiebilanzen – Ergebnisse aus ausgewählten Studien

Meo consulting-Team, Schmitz, FNR-Studie 2005

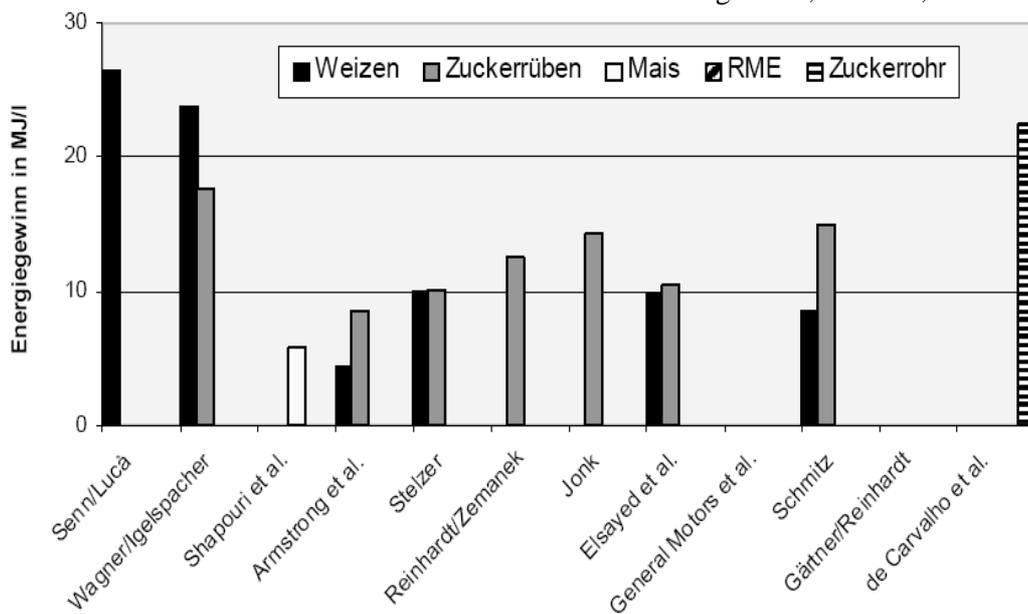
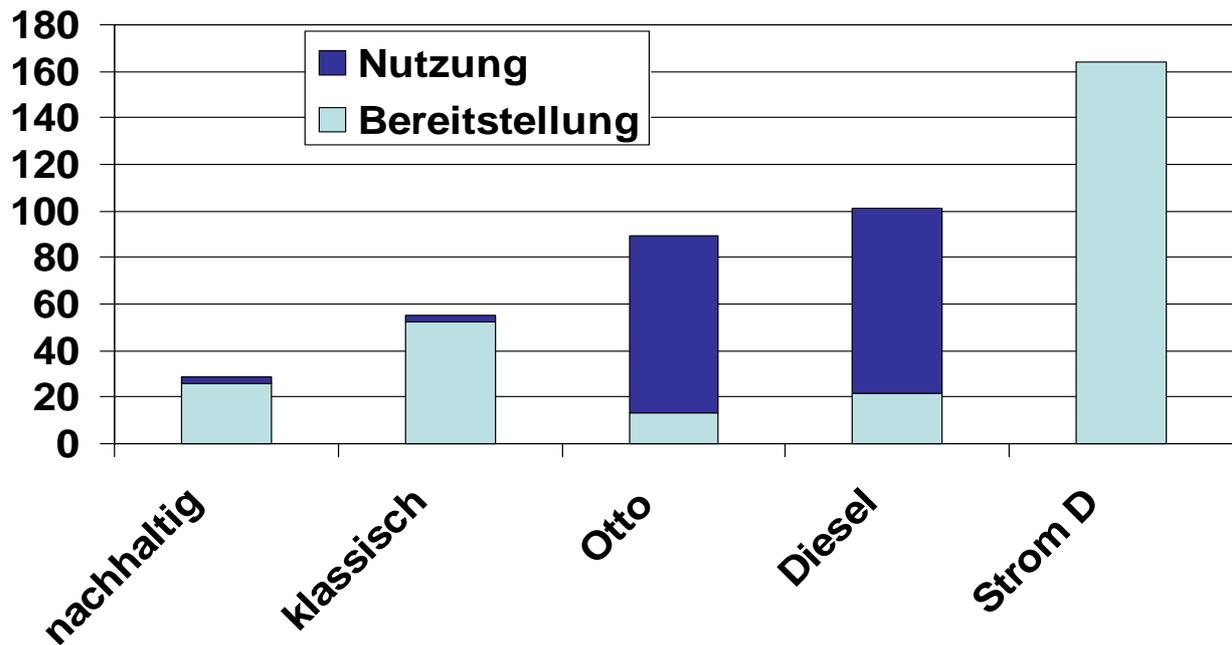


Abbildung 8: Energiebilanz (in MJ/l Ethanol)

Treibhausgas-Emissionen in g CO₂-Äquivalenten / MJ bereitgestellter Energie



Ökobilanz der Ethanolherstellung Großanlagen mit und ohne Biogas-Erzeugung

Stelzer, 1999

	Ethanol	Fossil	Differenz
Ohne Biogas			
CO ₂ -Äq.; kg/ha*a	2789,0	4683,0	-1894,0
SO ₂ -Äq.; g/ha*a	21384,0	11648,0	9736,0
Mit Biogas			
CO ₂ -Äq.; kg/ha*a	1355,0	4683,0	- 3150,0
SO ₂ -Äq.; g/ha*a	10602	11648,0	- 1046,0

Produktionskosten der nachhaltigen Ethanolherzeugung				
Größe der Brennereianlage		9.000.000 l A	5.000.000 l A	2.000.000 l A
Blattfrucht		Raps	Raps	Raps
Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %	7 %	7 %
Werte beziehen sich auf 1.000 l A				
Summe Kapitalbedarf		1.806	2.072	2.634
Kapitalkosten	€	248	281	342
laufende Kosten	€	389	397	411
Arbeitskosten	€	92	108	147
Betriebsleitung	€	24	36	72
Summe Kosten	€	753	822	972
Subventionen	€	201	201	201
Energieerträge	€	112	112	112
Summe Leistungen	€	313	313	313
Produktionskosten für Alkohol	€	441	510	659
Nicht bewertete nutzbare Wärme	kWh	557	557	557

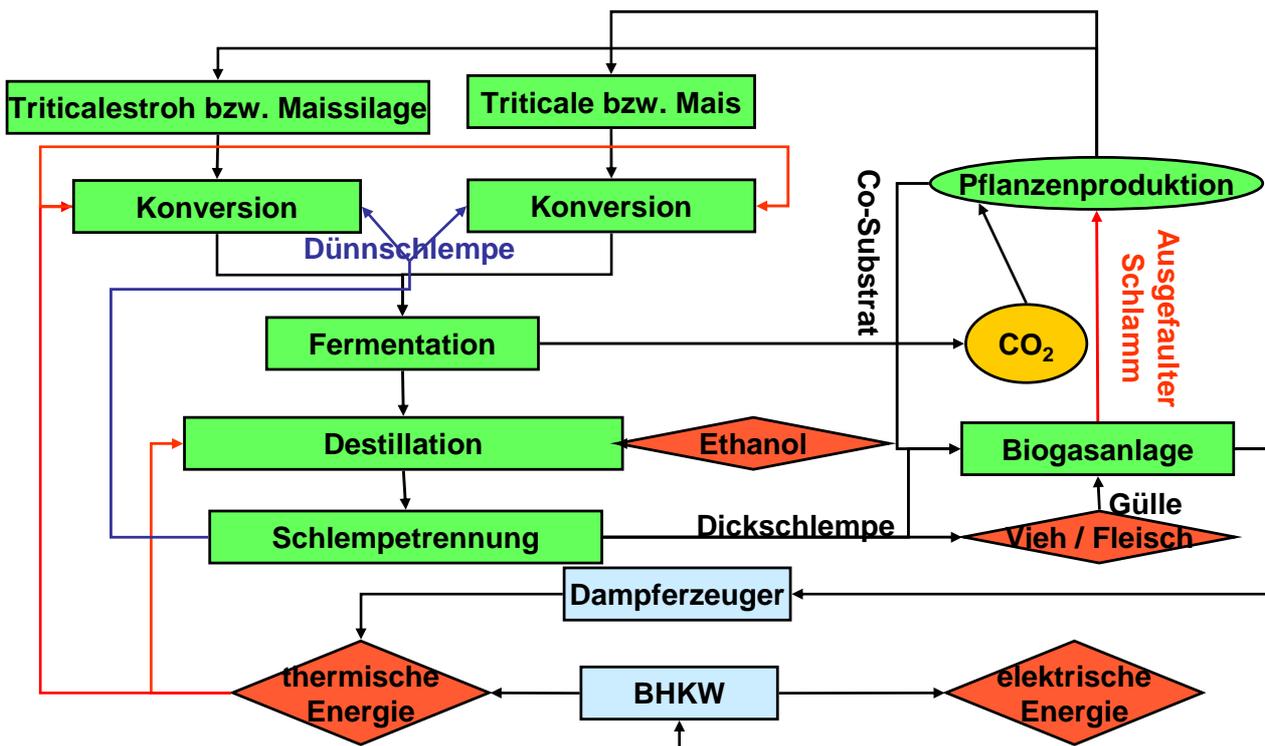
Produktionskosten der nachhaltigen Ethanolherzeugung			
Größe der Brennereianlage		9.000.000 l A	9.000.000 l A
Blattfrucht		Silomais	Silomais
Trockensubstanzgehalt im Fermenter		7 %	12 %
Werte beziehen sich auf 1.000 l A			
Summe Kapitalbedarf		2.771	2.451
Kapitalkosten	€	390	354
laufende Kosten	€	469	434
Arbeitskosten	€	134	124
Betriebsleitung	€	24	24
Summe Kosten	€	1017	937
Subventionen	€	201	201
Energieerträge	€	299	299
Summe Leistungen	€	500	500
Produktionskosten für Alkohol	€	517	437
Nicht bewertete nutzbare Wärme	kWh	2.881	2.881

Herstellungskosten für Bioethanol in Cent/l abhängig von der Anlagengröße

Quelle: Bioethanol-Studie, BMVEL und FNR. 2003 aus Top agrar 11/2003

Rohstoff	Rohstoffpreis (Euro/t)	Kleine Anlage 20.000 m ³	Mittlere Anlage 60.000 m ³	Große Anlage 120.000 m ³	Größte Anlage 240.000 m ³
Zuckerrüben-Melasse	85	60,2	50,5	48,3	47,7
Rübendicksaft	202	58,8	49,3	47,2	46,7
Weizen	120	75,0	61,6	57,7	55,5
Roggen	85	68,3	54,9	51,0	48,9
Triticale	105	72,4	59,1	55,2	53,2
Mais	105	70,6	57,1	53,0	50,7
Kartoffeln	50	97,8	87,3	84,3	83,0

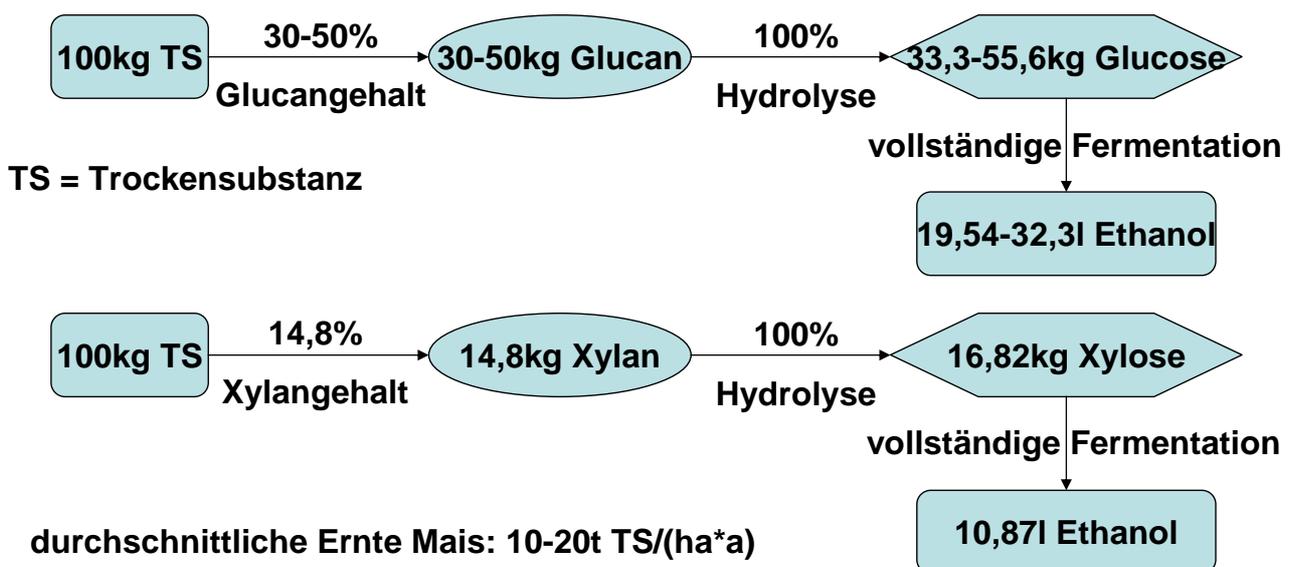
Dezentrales, nachhaltiges Erzeugungskonzept für Bioethanol und Biogas incl. LCB



Überblick über Vorbehandlungsmethoden für die Produktion von Ethanol aus Biomasse

- Säurehydrolyse mit konz. H_2SO_4 (z.B. Arkenol Prozess)
- Säurehydrolyse mit verdünnter H_2SO_4 (z.B. Iogen Prozess)
- Thermodruckhydrolyse (TDH) (z.B. ATZ Sulzbach-Rosenberg)
- Mechanisch-thermischer Aufschluss der Biomasse bei Temperaturen bis maximal $160^\circ C$

Potentielle Ethanolausbeute aus Maissilage



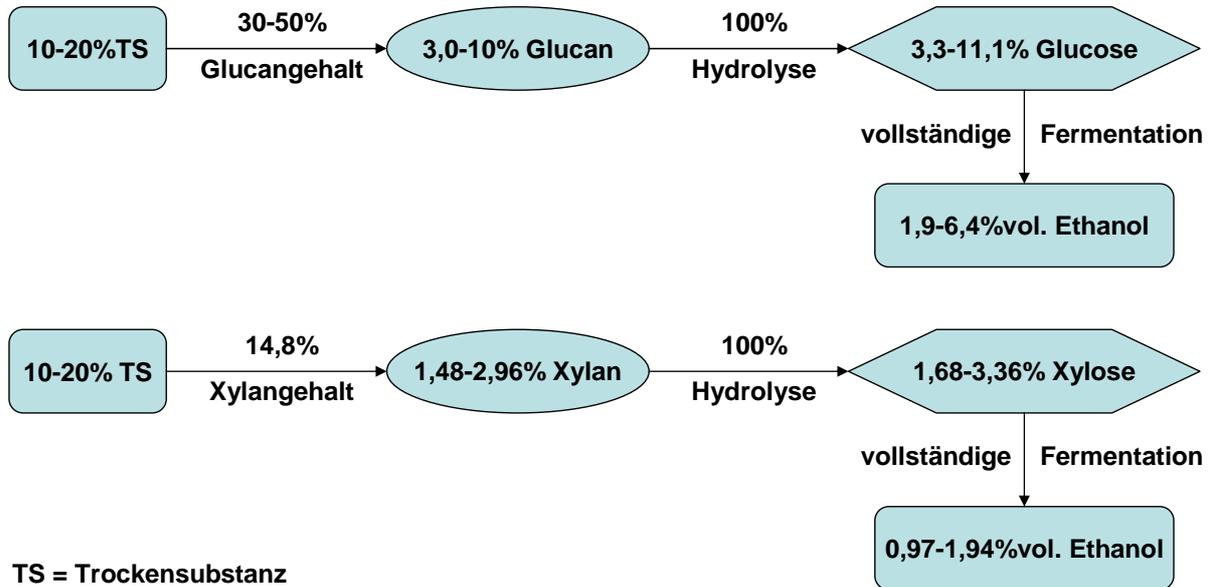
durchschnittliche Ernte Mais: 10-20t TS/(ha*a)

(Leitfaden Bioenergie 2006)

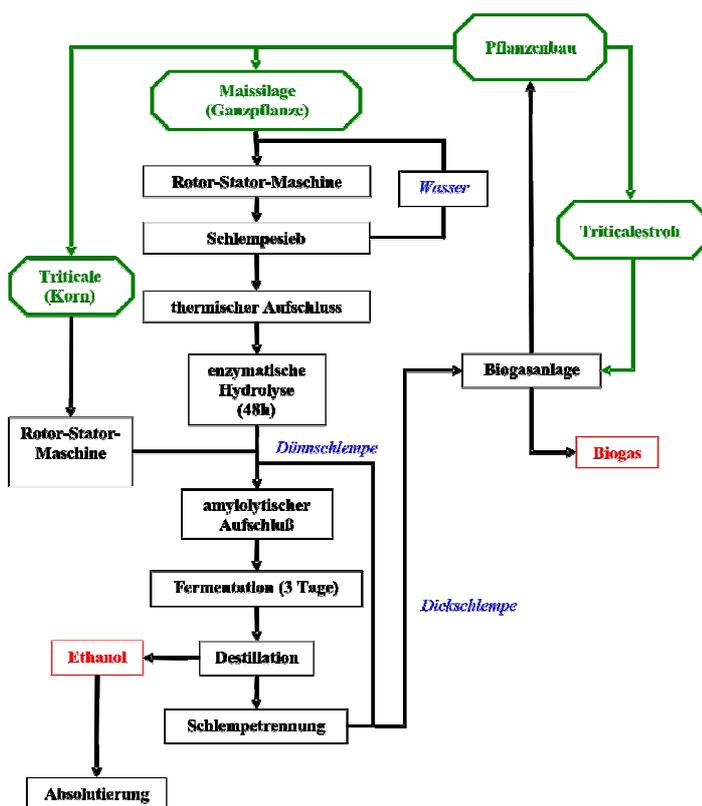
aus Glucan: 1954 L Ethanol/(ha*a) – 6460 L Ethanol/(ha*a)

aus Xylan: 1087 L Ethanol/(ha*a) – 2174 L Ethanol/(ha*a)

Potentielle Ethanolgehalte in Maischen aus Maissilage

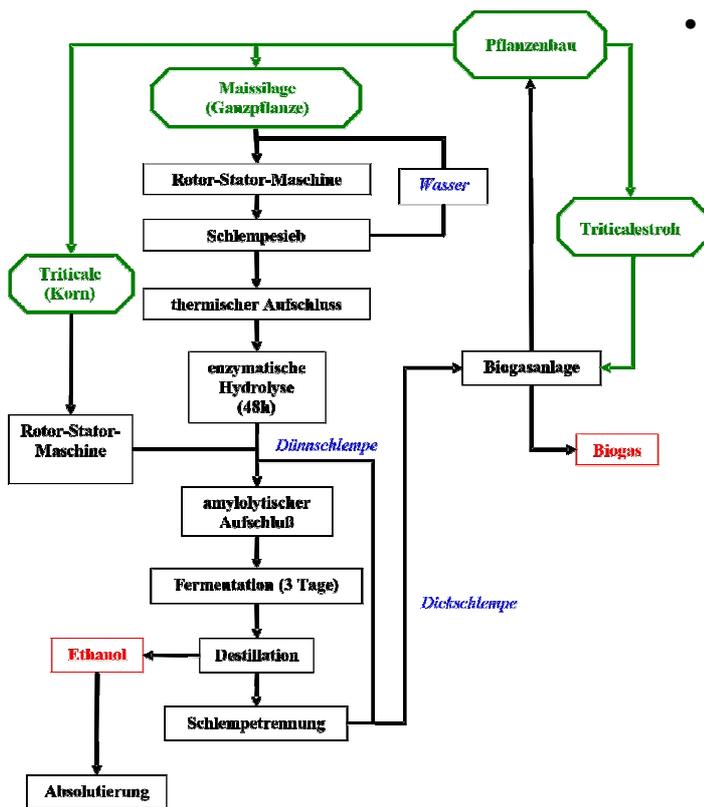


Konzept einer dezentralen Ethanolgewinnung aus cellulose- und stärkehaltigen Rohstoffen - 1 -



- 2 unterschiedliche Hydrolysestufen
- nur 48h enzymatische Hydrolyse
- TS Maissilage : VS Triticale = 3,18:1
- 48h Fermentation (10%vol.)
- theoretische Ethanolausbeute:
 - 40l EtOH/100kg → 100kg Triticale erbringen 1187,2MJ
 - 60%ige Hydrolyse: 19,5l EtOH/100kg TS aus Maissilage- → 100kg Maissilage-TS erbringen 578,76MJ

Konzept einer dezentralen Ethanolgewinnung aus cellulose- und stärkehaltigen Rohstoffen - 2 -



• Nutzung des Triticalestrohs:

- Triticalestroh (35,4% säurelösliche Kohlehydrate) erzielt 0,28m³ CH₄/kg TS (= 10,08 MJ/kg TS)

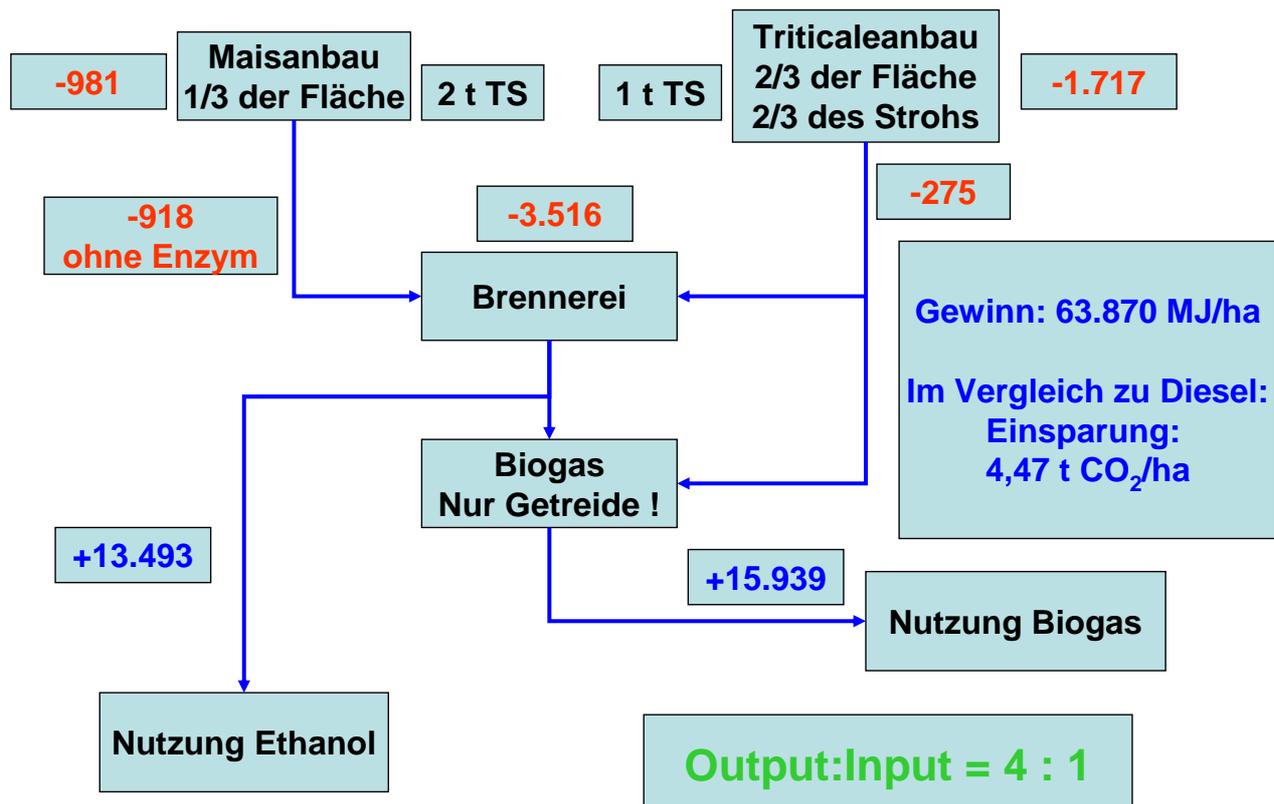
→ 100kg Triticalestroh (90%TS) erbringen 907,2 MJ

- Nutzung als Humusbildner und Erosionsschutz

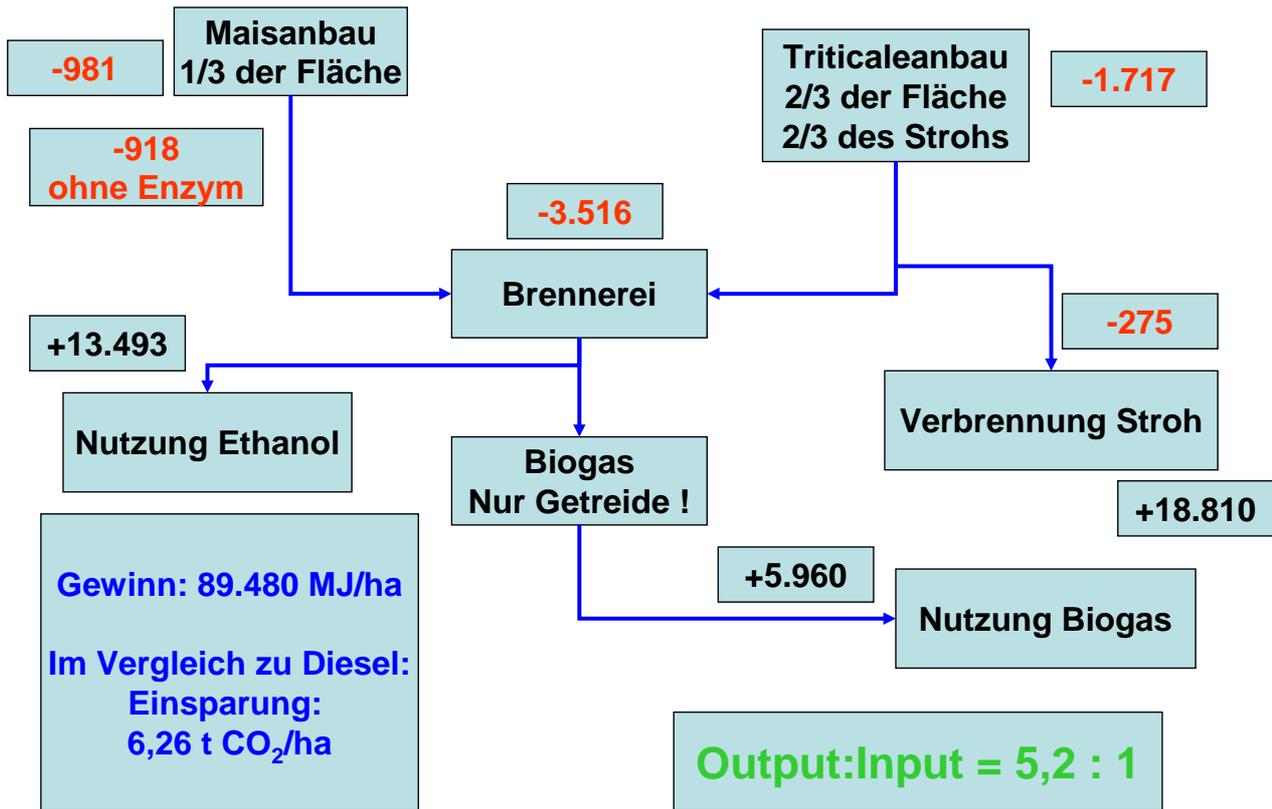
- Verbrennung des Triticalestrohs (1710 MJ/100kg)

TS = Trockensubstanz;
VS = vergärbare Substanz

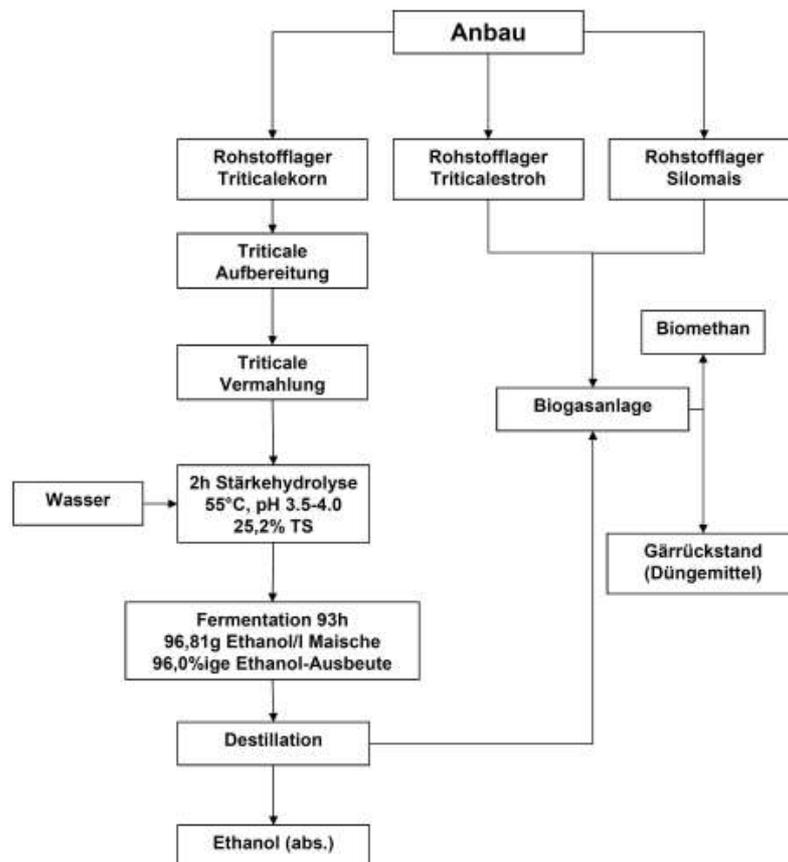
Abschätzung einer Energiebilanz der Bioethanolproduktion aus Triticale und Maissilage. Nutzung des Triticalestrohs im Biogasprozess



Abschätzung einer Energiebilanz der Bioethanolproduktion aus Triticale und Maissilage. Mit thermischer Nutzung des Triticalestrohs



Brennereiprozess mit Nutzung von Triticalekorn in der Brennerei und Nutzung der Schlempe und aller weiteren Rohstoffe im Biogasprozess



**Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit**



Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
Fachgebiet Gärungstechnologie mit Forschungs- und Lehrbrennerei

