

Institut für Landtechnik  
der  
Technischen Universität München  
Direktor: Univ.-Professor Dr. H.-L. Wenner

Raps als Energiepflanze

Verwertung von Rapsöl und Rapsstroh zur Energiegewinnung

Dipl.-Ing.agr. Univ.  
Rudolf Apfelbeck

Vollständiger Abdruck der von der  
Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau  
der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Agrarwissenschaften  
genehmigten Dissertation

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. W. Rothenburger

1. Prüfer: Univ.-Prof. Dr. H.-L. Wenner  
(Schriftliche Beurteilung)
1. Prüfer: Univ.-Prof. Dr. M. Estler  
(Mündliche Prüfung)
2. Prüfer: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. G. Fischbeck

Die Dissertation wurde am 24.02.1989 bei der Technischen  
Universität München eingereicht und durch die Fakultät für  
Landwirtschaft und Gartenbau am 26.06.1989 angenommen.

Inhaltsverzeichnis	Seite	
1.	<b>Einleitung</b> . . . . .	1
1.1	Einführung . . . . .	1
1.2	Problemstellung und Ziel . . . . .	4
2.	<b>Energieträger Rapsöl</b> . . . . .	7
2.1	Herkunft und chemische Zusammensetzung von Rapsöl	7
2.2	Energetische Verwertung von Rapsöl als Kraftstoff	12
2.2.1	Kraftstoffspezifische Kenngrößen von Rapsöl . . .	12
2.2.1.1	Reines Rapsöl . . . . .	14
2.2.1.2	Rapsölester . . . . .	18
2.2.2	Rapsölverwendung als Kraftstoff in Dieselmotoren .	22
2.2.2.1	Reines Rapsöl . . . . .	22
2.2.2.2	Rapsölester . . . . .	35
2.3	Energetische Verwertung von Rapsöl als Brennstoff	41
2.3.1	Brennstoffspezifische Kenngrößen von Rapsöl . . .	42
2.3.1.1	Reines Rapsöl . . . . .	44
2.3.1.2	Gemisch Heizöl-Rapsöl . . . . .	47
2.4	Lagerung von Rapsöl . . . . .	51
2.4.1	Lagerungsbedingungen und Mischbarkeit . . . . .	51
2.4.2	Materialverträglichkeit von Rapsöl . . . . .	56
3.	<b>Energieträger Rapsstroh</b> . . . . .	60
3.1	Erträge bei Rapsstroh . . . . .	60
3.1.1	Rapsstroherträge in der Literatur . . . . .	60
3.1.2	Methode der Ertragsermittlung von Rapsstroh . . .	62
3.1.2.1	Sortenvergleichsversuche . . . . .	62
3.1.2.2	Versuche in Rapsbeständen im feldmäßigen Anbau . .	63
3.1.3	Ergebnisse der Ertragsermittlungen . . . . .	67
3.1.3.1	Parzellenversuchsergebnisse . . . . .	67
3.1.3.2	Praxisversuchsergebnisse . . . . .	73
3.2	Trocknung von Rapsstroh . . . . .	76
3.2.1	Gleichgewichtsfeuchte . . . . .	77
3.2.2	Rapsstrohtrocknung im Schwad . . . . .	81

3.3	Ernte von Rapsstroh . . . . .	86
3.4	Brikettierung von Rapsstroh . . . . .	92
3.4.1	Halmgutzerkleinerung . . . . .	92
3.4.2	Brikettierung . . . . .	100
3.5	Feuerungstechnische Kenngrößen von Rapsstroh . . .	106
3.5.1	Heizwert von Rapsstroh . . . . .	106
3.5.2	Chemische Zusammensetzung . . . . .	110
3.5.3	Flüchtige Bestandteile und Abbrandgeschwindigkeit	112
3.5.4	Asche- und Nährstoffgehalte . . . . .	115
3.6	Energiegewinnung aus Rapsstroh . . . . .	119
3.6.1	Verfeuerung von HD-Ballen . . . . .	121
3.6.1.1	Heizkessel auf dem Kesselprüfstand . . . . .	122
3.6.1.2	Heizkessel in Praxisanlagen . . . . .	126
3.6.2	Verfeuerung von Briquettes . . . . .	127
3.6.2.1	Einzelöfen . . . . .	128
3.6.2.2	Heizkessel . . . . .	132
4.	Kostenabschätzung zur Nutzung von Rapsöl und Rapsstroh als Energieträger . . . . .	136
4.1	Kosten für den Energieträger Rapsöl . . . . .	136
4.1.1	Kosten für den Motorenbetrieb mit reinem Rapsöl .	137
4.1.2	Kosten für den Motorenbetrieb mit Rapsölester . .	140
4.2	Kosten der Verwertung von Rapsöl als Brennstoff .	141
4.3	Kosten der Brennstoffbereitstellung und der Wärmeerzeugung aus Rapsstroh . . . . .	143
4.4	Kosten der Rapsstrohbrikettierung . . . . .	146
5.	Weiterführende Arbeiten . . . . .	148
6.	Zusammenfassung . . . . .	150
7.	Literatur . . . . .	155
8.	Anhang . . . . .	165