

Institut für Landtechnik der

Technischen Universität München

**Entwicklung eines Simulationsmodells zur wirtschaftlichen  
Optimierung der Nutzung fossiler und regenerativer  
Wärmeenergieträger im landwirtschaftlichen Betrieb**

**Hans-Joachim Spachmann**

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. M. Estler

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. H. Schön

2. Univ.-Prof. Dr. M. Precht

Die Dissertation wurde am 5.11.1991 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau am 16.12.1991 angenommen.

## Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	-X-
Verzeichnis der Tafeln	-XIV-
Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	-XVI-
1. Einleitung	-1-
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	-2-
2. Berechnungsgrundlagen	-4-
2.1 Methoden der Wirtschaftlichkeitsprüfung	-4-
2.2 Simulation der wärmetechnischen Prozesse	-7-
2.2.1 Festlegungen für das Aufstellen der Wärmeenergiebilanzen	-7-
2.2.2.1 Rechenwerte für die Temperatur und die relative Feuchte Umgebung	-10-
betrachtete Systeme	-11-
2.2.2.2 Rechenwerte für innere Wärmeenergie- und Wasserdampfquellen	-13-
2.2.3 Simulation des Wärmeenergiebedarfs	-15-
2.2.3.1 Wärmeenergiebedarf für die Heizung des Wohnhauses	-15-
DIN/VDI-Rechenmodell zur Quantifizierung des Wohnhauswärmeenergiebe- darfs	-16-
Festlegungen für die Haupteinflußgrößen des Rechenmodells	-17-
Untersuchungen zur Modellvereinfachung	-19-
Diskussion der berechneten Wärmeenergiebedarfswerte	-22-
Modellvereinfachung	-24-
2.2.3.2 Wärmeenergiebedarf für die Warmwasserbereitung im Wohnhaus	-26-
2.2.3.3 Wärmeenergiebedarf für die Heizung im Stall	-27-
2.2.3.4 Wärmeenergiebedarf für die Warmwasserbereitung im Stall	-29-
2.2.4 Simulation des Wärmeenergieangebots	-30-
2.2.4.1 Wärmedämmung	-31-
2.2.4.2 Wärmeenergierückgewinnung aus der Stallluft	-35-
Luft/Luft-Wärmetauscher	-35-
Sole/Wasser-Absorberelektrowärmepumpe	-38-
2.2.4.3 Wärmeenergiebereitstellung über Feuerungsanlagen	-43-
Speichereinrichtungen	-45-
Pufferspeicher	-45-
Lagerraum	-47-
2.3 Beschreibung des Simulationsmodells	-49-

3. Sensitivitätsanalyse	-57-
3.1 Einflußfaktoren für die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen	-58-
3.2 Einflußfaktoren der Wärmedämmung	-60-
3.3 Einflußfaktoren der Luft/Luft-Wärmetauscher	-62-
3.4 Einflußfaktoren der Wärmepumpenanlage	-63-
3.5 Einflußfaktoren der Nutzung von Verbrennungswärme	-66-
3.5.1 Einflußfaktoren der Heizkessel	-66-
3.5.2 Einflußfaktoren des Pufferspeichers	-68-
3.5.3 Einflußfaktoren des Lagerraumes	-69-
3.5.4 Einflußfaktoren der Brennstoffe	-70-
3.6 Sensitivitätsanalyse der einzelnen Wärmetechniken in Teilmodellen	-71-
3.6.1.1 Wärmedämmmaßnahmen im Stall	-75-
3.6.1.2 Wärmedämmmaßnahmen im Wohnhaus	-82-
3.6.2 Wärmetauschereinsatz im Stall	-85-
3.6.3 Nutzung von Verbrennungswärme im Stall und Wohnhaus	-92-
3.6.4 Wärmepumpeneinsatz im Stall und Wohnhaus	-99-
Allgemeine Vorbetrachtungen zum Wärmepumpeneinsatz	-99-
Bivalent-alternativer Wärmepumpeneinsatz im Stall	-101-
Simultaner Wärmepumpeneinsatz im Wohnhaus und Stall	-105-
Bivalent-alternative Wärmepumpenbetriebsweise	-107-
Monovalente Wärmepumpenbetriebsweise	-112-
3.7 Sensitivitätsanalyse im Gesamtmodell	-114-
3.7.1 Aufbau und Rechenwerte des vereinfachten Rechenmodells zur Wirtschaftlichkeitsprüfung	-114-
3.7.1.1 Wirtschaftliche Einordnung der Wärmeenergietechniken an Hand der Kapital- und Energiekosten	-119-
3.7.1.2 Wirtschaftliche Einordnung der Wärmeenergietechniken an Hand der Gesamtkosten	-123-
4. Zusammenfassung	-131-
5. Literaturverzeichnis	-134-
6. Anhang	-147-