

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VII
Zusammenfassung	1
1 Einleitung und Zielsetzung	3
2 Frostertechnik und CO₂ als Kühlmittel	5
2.1 Allgemeines	5
2.2 Gefriervorgang im Lebensmittel	6
2.3 Gefrierverfahren	9
2.4 Eigenschaften von Kohlendioxid CO ₂	12
2.5 CO ₂ -betriebener Linearfroster	16
3 Mehrphasenströmung in Zuleitung und Düse	22
3.1 Dampfmenge und Strömungsform in der CO ₂ -Leitung	23
3.2 Strömung inkompressibler Fluide	30
3.3 Strömung kompressibler Fluide	33
3.4 Strömung siedender Flüssigkeiten	37
3.5 Homogenes Strömungsmodell	39
3.6 Zweifluid-Modell	44
4 Strömungsversuche und Dosierentwickelung	48
4.1 Kritischer CO ₂ -Massenstrom	48
4.2 Meß- und Regelungstechnik zum CO ₂ -Massenstrom	50
4.2.1 Durchflußmessung	50
4.2.2 Druckmessung	51
4.2.3 Temperaturmessung	52
4.2.4 Stell- und Regelorgane	52
4.3 Versuchsplan	52
4.4 Ergebnisse der CO ₂ -Massenstrom-Messung	53
4.5 Berechnung kritischer Strömungsgrößen	56
4.6 Strömung und Berechnung mit Phasentrennung	61
4.7 Nachexpansion des CO ₂ -Strahls	63
4.7.1 Temperaturverlauf der Strahlachse	63
4.7.2 Strömungsgeschwindigkeiten und Partikelgröße am Düsen-Ende	69
4.7.3 Geometrische CO ₂ -Freistrahlmessung	72
4.7.4 Auslegung des Strahlformers	75
4.8 Konstruktion des Dosierventils	83
4.8.1 Funktionsweise der kontinuierlichen Dosierung	83
4.8.2 Phasentrennung	85
4.8.3 Trägergestell für die Dosierapparatur	86
4.8.4 Funktionversuche	87

5 Vergleich der CO₂-Einsprühverfahren im Froster	89
5.1 Laborversuche	89
5.1.1 Versuchsanlage	89
5.1.2 Meß- und Regelungstechnik der Untersuchungen im Froster . . .	90
5.1.3 Kühlgut	93
5.1.4 Modellpakete zur Temperaturmessung	93
5.1.5 Versuchsplan und Versuchsdurchführung	96
5.1.6 Versuchsauswertung	97
5.1.7 Temperaturverlauf im Linearfroster	98
5.1.8 Temperaturverlauf in Polyethylen-Modellpaketen	104
5.1.9 Leistungsvergleich der Sprühverfahren im Laborversuch	109
5.2 Praxisversuche	115
5.2.1 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	115
5.2.2 Versuchsauswertung	118
5.2.3 Beurteilung der Praxisversuche	119
6 Abschlußbetrachtung	120
Literaturverzeichnis	122
Anhang	132
A.1 Mittlere Frostertemperaturverläufe	132
A.2 Kern- und Oberflächentemperaturverläufe	138
A.3 Mittlere Kern- Oberflächen- und Frostertemperaturverläufe	156
A.4 Frostertemperatur beim Frosten von Gemüseschnitzeln	174