

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abkürzungsverzeichnis	v
Symbolverzeichnis	ix
Variablen Verzeichnis	xi
1 Zusammenfassung	1
2 Abstract	3
3 Aufgabenstellung	5
4 Einführung	7
4.1 Borkenkäfer	9
4.2 Chemische Kommunikation	12
4.2.1 Pheromone	12
4.2.2 Kairomone	14
4.2.3 Allomone	14
4.2.4 Borkenkäfer-Pheromone	14
4.2.4.1 Aggregationspheromone des <i>Ips typographus</i>	16
4.2.4.2 Dichteregulationspheromone des <i>Ips typographus</i>	16
4.3 Fichte	17
4.3.1 Aufbau eines Baumstammes	20
4.3.2 Fichtenholz	21
4.4 Massenbefall	21
4.4.1 Ablauf	21
4.4.2 Ursachen	24
4.4.3 Schutzmaßnahmen	27
4.4.4 Wirtschaftliche Folgen	31

5 Falle	35
5.1 Dispenser	38
5.2 Käferzähler	46
5.3 Elektronik	56
5.3.1 ARDUINO Mikrocontroller	62
5.3.2 Raspberry Pi als Webserver	63
5.3.3 Sensoren	64
5.3.3.1 Endschalter	66
5.3.3.2 Anemometer	70
5.3.3.3 Windrichtungssensor	71
5.3.3.4 Licht- und Regensensor	74
5.3.3.5 Außentemperatursensoren	76
5.3.3.6 Kombiniertes Luftfeuchtigkeits- und Temperatursensor	77
5.3.3.7 Barometer	78
5.3.3.8 Stromsensoren	79
5.3.4 Weitere Komponenten	80
5.3.4.1 Encoder	81
5.3.4.2 GSM-Sendeeinheit	82
5.3.4.3 Display	83
5.3.4.4 Multiplexer	84
5.3.5 Kabelbelegung und Schaltpläne	86
5.4 Software	88
5.4.1 Interrupt und Interrupt Timer	91
5.4.2 Dispenser	92
5.4.3 Käferzähler	95
5.4.4 Anemometer	97
5.4.5 Windrichtungssensor	98
5.4.6 Lichtsensor	99
5.4.7 Regensensor	100
5.4.8 Außentemperatursensor	101
5.4.9 Kombiniertes Luftfeuchtigkeits- und Temperatursensor	101
5.4.10 Barometer	102
5.4.11 Stromsensoren	102
5.4.12 Encoder	103
5.4.13 Datenspeicherung, Übertragung und Ausgabe	104
5.4.14 Debug-Modus	107

5.5	Spannungsversorgung	108
6	Auswertung	121
6.1	Stabilitätsuntersuchungen von Komponenten des Pheromongemisches	121
6.1.1	Auswertung in Ethanol-d6 unter Schutzatmosphäre	122
6.1.2	Auswertung in <i>n</i> -Octan-d18 unter Schutzatmosphäre	123
6.1.3	Auswertung in <i>n</i> -Octan-d18 unter Luftatmosphäre	123
6.1.4	Interpretation der Stabilitätsuntersuchungen	123
6.2	Auswertung der Freilandversuche	137
6.2.1	Stromverbrauch der Falle	138
6.2.2	Wetter im Versuchszeitraum	143
6.2.3	Maximale Temperaturen	150
6.2.4	Käferzähler	150
6.2.5	Migrationsverhalten in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen	162
7	Versuchsdurchführung	191
7.1	Genutzte Messgeräte und Softwarepakete	191
7.2	Herstellen der Stoffgemische	192
7.3	Durchführung der Stabilitätsuntersuchungen	193
7.4	Durchführung der Freilandversuche	194
8	Ausblick	197
9	Anhang	I
9.1	Schaltpläne	III
	Abbildungsverzeichnis	IX
	Tabellenverzeichnis	XV
	Literaturverzeichnis	XVII
	Danksagung	XXXI