

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIII
1 Einführung	1
1.1 Vorüberlegung.....	1
1.2 Problemstellung.....	1
1.3 Zielsetzung, Hypothese und Abgrenzung der Arbeit	3
1.4 Aufbau und Lösungsweg.....	4
2 Der Baustoff Holz	7
2.1 Anatomie des Holzes.....	7
2.1.1 Rinde und Kambium	7
2.1.2 Splintholz – Kernholz.....	7
2.1.3 Frühholz – Spätholz.....	8
2.1.4 Zellwand.....	8
2.2 Chemischer Aufbau von Holz	9
2.3 Wichtige Eigenschaften des Materials Holz.....	9
2.3.1 Holzfeuchtigkeit	9
2.3.2 Natürliche Dauerhaftigkeit des Holzes.....	11
2.4 Holzarten	13
2.4.1 Nadelholz – Laubholz	13
2.4.2 Die wichtigsten Holzarten im Bauwesen	13
2.4.2.1 Nadelholzarten.....	13
2.4.2.2 Laubholzarten.....	14
2.5 Gebäude mit Holzkonstruktionen.....	15
2.5.1 Mauerwerksbauten mit Holzkonstruktionen	15
2.5.2 Fachwerkbauten.....	15
2.5.3 Blockbauten.....	16
2.6 Holzkonstruktionen	16
2.6.1 Typische Dachkonstruktionen	16
2.6.1.1 Sparrendach	17

2.6.1.2	Pfettendach	17
2.6.2	Typische Deckenkonstruktionen	18
2.6.2.1	Windelbodendecke	18
2.6.2.2	Einschubdecke	18
2.6.3	Typische Wandkonstruktionen - Fachwerkwand	19
3	Biotische Schadensursachen und Schadensanalysen	21
3.1	Hausfäulepilze in Gebäuden - holzerstörende Pilze	21
3.1.1	Entwicklung der holzerstörenden Pilze	22
3.1.2	Merkmale von Fruchtkörpern	22
3.1.3	Merkmale von Myzelien und Strängen	22
3.1.4	Merkmale von Sporen	23
3.1.5	Einflussfaktoren auf die Entwicklung von holzerstörenden Pilzen	23
3.1.5.1	Feuchte	23
3.1.5.2	Temperatur	24
3.1.5.3	Angrenzende Baustoffe	25
3.1.6	Braunfäulepilze	25
3.1.6.1	Echter Hausschwamm (<i>Serpula lacrimans</i>)	26
3.1.6.2	Brauner Kellerschwamm (<i>Coniophora puteana</i>)	27
3.1.6.3	Porenschwämme (<i>Poria vaillantii</i>)	28
3.1.6.4	Blättlinge (<i>Gloeophyllum</i>)	30
3.1.7	Weißfäulepilze	31
3.1.7.1	Ausgebreiteter Hausporling (Eichenporling)	32
3.1.8	Moderfäulepilze	32
3.1.9	Häufigkeit der holzerstörenden Pilze	33
3.2	Holzinsekten im Gebäude - holzerstörende Insekten	34
3.2.1	Entwicklung der holzerstörenden Insekten	34
3.2.2	Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Holzinsekten	35
3.2.2.1	Feuchte	35
3.2.2.2	Temperatur	36
3.2.3	Trockenholzinsekten	37

3.2.3.1	Hausbockkäfer (<i>Hylotrupes bajulus</i>).....	37
3.2.3.2	Gewöhnlicher Nagekäfer (<i>Anobium punctatum</i>)	38
3.2.3.3	Gekämmter Nagekäfer (<i>Ptilinus pectinicornis</i>)	40
3.2.3.4	Splintholzkäfer (<i>Lyctus</i>).....	41
3.2.4	Faulholzinsekten.....	42
3.2.4.1	Trotzkopf (<i>Anobium pertinax</i>)	42
3.2.4.2	Gescheckter Nagekäfer (<i>Xestobium rufovillosum</i>).....	43
3.3	Schadensanalyse an Holzkonstruktionen	45
3.3.1	Erfassung des Bauzustands.....	47
3.3.1.1	Überprüfung von außen.....	48
3.3.1.2	Überprüfung von innen.....	48
3.3.2	Ermittlung der Schadensursache	49
3.3.3	Bewertung des Bauzustands	50
3.4	Untersuchungsverfahren.....	50
3.4.1	Visuelle Untersuchungen.....	50
3.4.2	Bohrkernentnahme	50
3.4.3	Endoskopie	51
3.4.4	Bestimmung der Holzfeuchte	51
3.4.5	Bohrwiderstandmessung – Resistographie –.....	52
4	Basis der künstlichen Intelligenz und deren Anwendungen im Bauwesen	53
4.1	Definitionen.....	53
4.2	Anwendungen der künstlichen Intelligenz	55
4.3	Neuronale Netze	55
4.4	Case-based-Reasoning.....	57
4.4.1	Die Repräsentation von Fällen	58
4.4.2	Der Case-based-Reasoning Zyklus.....	58
4.4.3	Die Bestimmung der Ähnlichkeit	60
4.4.4	Bestimmung der Attributgewichte	62
4.4.5	Entwicklungsstand von Case-based-Reasoning in der Diagnostik.....	63
4.4.5.1	Diagnostik	63
4.4.5.2	Charakterisierung der Diagnostik.....	63

4.4.5.3	Fallbasierte Diagnostik.....	64
4.4.6	Entwicklungsstand von Case-based-Reasoning im Baubetriebswesen.....	65
4.4.6.1	Vorbemerkungen.....	65
4.4.6.2	CBR in der Kostenschätzung und der Kostenprognose.....	65
4.4.6.3	CBR in der Kostenprognose.....	66
4.4.6.4	CBR in der Terminplanung.....	66
4.4.6.5	CBR in der Sanierung.....	67
4.5	Fuzzy-Logik.....	68
4.5.1	Grundidee der Fuzzy-Logik.....	68
4.5.2	Fuzzy-Mengen.....	69
4.5.3	Linguistische Variable.....	70
4.5.4	Zugehörigkeitsfunktionen.....	70
4.5.5	Operation auf Fuzzy-Mengen.....	71
4.5.6	Fuzzy-Relationen.....	72
4.5.7	Operation auf Fuzzy-Relationen.....	73
4.5.8	Komposition von Fuzzy-Relationen.....	73
4.5.9	Fuzzy-Expertensysteme.....	74
4.5.9.1	Allgemeines.....	74
4.5.9.2	Fuzzy-Regelbasis.....	75
4.5.9.3	Fuzzifizierung.....	76
4.5.9.4	Fuzzy-Inferenz.....	76
4.5.9.5	Defuzzifizierung.....	77
4.5.10	Entwicklungsstand der Fuzzy-Logik im Baubetriebswesen.....	77
4.5.10.1	Fuzzy-Logik in der Sanierung.....	78
4.5.10.2	Fuzzy-Logik in der Terminplanung.....	78
4.5.10.3	Fuzzy-Logik in der Kostenschätzung.....	79
4.6	Datenbanken.....	79
4.6.1	Datenbankmodelle.....	79
4.6.2	Entity-Relationship-Modell.....	80
4.6.3	Datenbankentwurf.....	80

5	Entwicklung des Schadensdiagnosesystems	83
5.1	Einführung.....	83
5.2	Entwicklung eines Konzepts zur Schadensdiagnose.....	83
5.2.1	Ermittlung der möglichen Parameter für die Diagnose	83
5.2.2	Festlegung der Diagnoseparameter	83
5.2.3	Darstellung der Charakteristik der Diagnoseparameter.....	84
5.2.3.1	Parameter der Gruppen – Schadensbilder und Schadensursachen	84
5.2.3.2	Parameter der Gruppe – Umgebungsbedingungen	84
5.2.4	Auswahl der methodischen Anwendungen	85
5.2.4.1	Neuronale Netze	85
5.2.4.2	Case-based-Reasoning-Systeme.....	86
5.2.4.3	Fuzzy-Expertensysteme.....	86
5.2.4.4	Datenbanken	86
5.2.5	Beschreibung der Parameter des CBR-Systems	88
5.2.5.1	Gebäude- und Bauteilmerkmale	88
5.2.5.2	Schadensmerkmale am Bauteil.....	89
5.2.5.3	Bestimmungsmerkmale der holzerstörenden Pilze.....	91
5.2.5.3.1	Merkmale der Fruchtkörper	92
5.2.5.3.2	Merkmale der Myzelstränge	94
5.2.5.3.3	Merkmale der Sporen.....	97
5.2.5.3.4	Geruch.....	97
5.2.5.4	Bestimmungsmerkmale der holzerstörenden Insekten	97
5.2.5.4.1	Merkmale der Fluglöcher.....	98
5.2.5.4.2	Merkmale der Fraßgänge (Gänge).....	98
5.2.5.4.3	Merkmale Bohrmehl und Larvenkot.....	99
5.2.5.4.4	Merkmale der Larven.....	99
5.2.5.5	Merkmale der Schadensursache	100
5.2.6	Erfassung der Parameter des CBR-Systems.....	101
5.2.6.1	Analyse von Gutachten.....	101
5.2.6.2	Online-Umfrage.....	104

5.2.6.2.1	Beschreibung der Erstellung des Fragebogens.....	104
5.2.6.2.2	Statistische Auswertung der Online-Umfrage.....	106
5.2.7	Beschreibung der Parameter des Fuzzy-Expertensystems	110
5.3	Entwurf des Case-based Reasoning Systems	111
5.3.1	Erstellung einer logischen Struktur für die CBR-Diagnoseparameter	111
5.3.2	Aufbau der Fallbasis.....	112
5.3.3	Erstellung lokaler Ähnlichkeitsmaße	112
5.3.4	Ermittlung der Attributgewichtungen.....	113
5.3.4.1	Berechnung der Attributgewichtungen.....	114
5.3.5	Erstellung globaler Ähnlichkeitsmaße	118
5.4	Anlegen des Case-based-Reasoning Systems.....	119
5.4.1	Retrieval-Phase.....	119
5.4.1.1	Beschreibung des Retrieval-Werkzeugs „myCBR“	120
5.4.1.2	Darstellung der Funktionen des Werkzeugs „Protege + myCBR“.....	120
5.4.2	Reuse-Phase – Erstellung einer Wenn-Dann-Regelbasis	121
5.4.2.1	Die wichtigsten Regeln für Hausfäulepilze	121
5.4.2.2	Die wichtigsten Regeln für Holzinsekten.....	122
5.5	Beschreibung der CBR-Systemfunktionalität	123
5.5.1	Case Retrieval.....	123
5.5.2	Case Reuse	123
5.5.3	Case Revision	124
5.5.4	Case Retainment.....	124
5.6	Entwurf des Fuzzy-Expertensystems	124
5.6.1	Erstellung einer logischen Struktur für die Fuzzy-Diagnoseparameter.....	124
5.6.2	Festlegung der Fuzzy-Parameter	125
5.6.3	Aufbau des Fuzzy-Expertensystems.....	125
5.6.3.1	Entwicklung der Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktion.....	126
5.6.3.2	Entwicklung der Regelbasis	131
5.7	Anlegen des Fuzzy-Expertensystems	132
5.8	Beschreibung der Systemfunktionalität.....	132
5.8.1	Fuzzifizierung.....	133

5.8.2	Fuzzy-Inferenzmaschine.....	133
5.8.3	Defuzzifizierung.....	133
5.9	Zusammenfassung.....	135
6	Anwendungsbeispiel	137
6.1	Beispiel – Befall durch den Echten Hausschwamm.....	137
6.1.1	Beschreibung des Schadensfalls.....	137
6.1.2	Beurteilung des Schadensbilds durch eine CBR-Analyse.....	139
6.1.2.1	Case Retrieval.....	140
6.1.2.2	Globale Ähnlichkeiten der ersten aufgefundenen Schadensfälle, die einen Schadensverursacher außer dem Echten Hausschwamm aufweisen	142
6.1.2.3	Case Reuse	143
6.1.3	Fuzzy-Analyse der Umgebungsbedingungen.....	143
6.1.3.1	Durchführung der Fuzzy-Analyse für den Echten Hausschwamm	143
6.1.3.2	Durchführung der Fuzzy-Analyse für die Braunfäulepilze	146
6.1.3.3	Durchführung der Fuzzy-Analyse für den Braunen Kellerschwamm	146
6.1.3.4	Durchführung der Fuzzy-Analyse für die Porenschwämme	148
6.1.3.5	Durchführung der Fuzzy-Analyse für die Blättlinge.....	149
6.1.3.6	Sensitivitätsanalyse	149
6.2	Analyse der Ergebnisse	150
7	Schlussbetrachtung	151
7.1	Zusammenfassung.....	151
7.2	Ergebnisse der Arbeit	152
7.3	Kritik und Ausblick.....	152
8	Literaturverzeichnis	155
9	Bildnachweis.....	163