

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	III
Zusammenfassung	IX
1 Einführung	1
1.1 Eine kurze Geschichte des Maschinenwesens	1
1.2 Eine kurze Geschichte der Informatik	3
1.3 Eine kurze Geschichte der Neuroinformatik	4
1.4 Eine kurze Geschichte der Parallelrechnerei	6
1.5 Ausgangspunkt, Aufbau und Ziele dieser Arbeit	8
TEIL 1: Automatische Lernverfahren	11
2 Lernen mit neuronalen Netzen	11
2.1 Definitionen	11
2.1.1 Neuronales Netz	12
2.1.2 Beispiel und Fehler	14
2.1.3 Lernregel und Lernverfahren	15
2.1.4 Modellauswahl und automatisches Lernen	16
2.2 Neuronale Netze und maschinelles Lernen	16
2.2.1 Symbolisches versus subsymbolisches Lernen	17
2.2.2 Empirischer Vergleich	17
2.2.3 Hybridverfahren	18
2.2.4 Genetische Algorithmen	19
2.3 Neuronale Netze und Statistik	19
2.4 Das Bias/Varianz-Dilemma	21
2.4.1 Bias, Varianz und das Dilemma	21
2.4.2 Beispiel	22
2.4.3 Folgerung	25
2.5 Ansatzpunkte	25
2.5.1 Problemrepräsentation	25
2.5.2 Fehlerfunktion	26
2.5.3 Beispielauswahl	26
2.5.4 Modellauswahl	26
2.5.5 Sonstiges	27
2.6 Stand der theoretischen Forschung	27
2.6.1 Darstellungsmächtigkeit	28
2.6.2 Generalisierung und Lernkomplexität	29
2.7 Stand der praktischen Forschung	32
2.7.1 Beschleunigung von Lernverfahren	32
2.7.2 Vermeidung lokaler Minima	34
2.7.3 Problemrepräsentation	35

2.7.4	Fehlerfunktionen	36
2.7.5	Beispielauswahl	37
2.7.6	Modellauswahl	37
2.8	Konstruktive Lernverfahren	39
2.8.1	Additive Verfahren	39
2.8.2	Subtraktive Verfahren	43
2.8.3	Additiv-subtraktive Verfahren	46
2.8.4	Andere Verfahren	48
2.9	Aufbau und Beiträge dieser Arbeit	49
3	Empirische Auswertung neuronaler Lernverfahren	51
3.1	Auswertung von Lernverfahren: Heutige Forschungspraxis	51
3.1.1	Ansatz der Studie	52
3.1.2	Klassifikation von Artikeln	52
3.1.3	Ermittlung der Kennzahlen	53
3.1.4	Ergebnisse und Diskussion	54
3.1.5	Folgerungen	56
3.2	Die PROBEN1 Benchmark-Sammlung	56
3.2.1	Bereich der PROBEN1 Benchmarks	57
3.2.2	Allgemeiner Aufbau	57
3.2.3	Cancer	59
3.2.4	Card	59
3.2.5	Diabetes	59
3.2.6	Gene	59
3.2.7	Glass	59
3.2.8	Heart	60
3.2.9	Horse	60
3.2.10	Mushroom	60
3.2.11	Soybean	61
3.2.12	Thyroid	61
3.2.13	Building	61
3.2.14	Flare	61
3.2.15	Hearta	62
3.2.16	Übersicht	62
3.2.17	Lernergebnisse mit linearen Netzen	62
3.3	Die PROBEN1 Benchmark-Regeln	65
3.4	Die Normalverteilungsannahme	66
3.5	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	71
4	Automatisches Lernen I: Frühes Stoppen	73
4.1	Einführung und verwandte Arbeiten	73
4.2	Drei Familien von Stoppkriterien	75
4.2.1	GL	76
4.2.2	UP	76
4.2.3	PQ	77
4.3	Versuchsaufbau und Ergebnisse	78
4.3.1	Versuchsaufbau	78
4.3.2	Bewertungskriterien	79
4.3.3	Ergebnisse: Mittelwertsbetrachtung	79
4.3.4	Versuch der statistischen Prüfung	80
4.3.5	Zusammenfassung	81
4.4	Lernresultate als Vergleichsbasis	82

4.4.1	Pivot-Architekturen	82
4.4.2	Ergebnisse	83
4.4.3	Statistischer Vergleich	86
4.5	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	88
5	Automatisches Lernen II: Additive Verfahren	89
5.1	Einleitung und verwandte Arbeiten	89
5.2	Sechs Lernverfahren mit Kandidatentraining	94
5.2.1	Abbruchkriterien	94
5.2.2	Lernverfahren	96
5.3	Versuchsaufbau und Ergebnisse	98
5.4	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	104
6	Automatisches Lernen III: Subtraktive Verfahren	105
6.1	Einführung und verwandte Arbeiten	105
6.2	Zwei Beschneidungsverfahren	107
6.2.1	autoprune	108
6.2.2	lprune	108
6.3	Versuchsaufbau und Ergebnisse	112
6.4	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	114
7	Konklusion: Automatisches Lernen	116
7.1	Vergleich der Ansätze	116
7.1.1	Additiv versus frühes Stoppen	116
7.1.2	Subtraktiv versus frühes Stoppen	117
7.1.3	Additiv versus subtraktiv	117
7.1.4	Gesamtvergleich	119
7.2	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	120
7.3	Ausblick	121
TEIL 2: Übersetzung auf Parallelrechner		122
8	Parallelrechnerei	122
8.1	Einführung und Definitionen	122
8.2	Hauptprobleme der Parallelrechnerei	125
8.3	Parallele Hardware	126
8.3.1	Frühe MIMD-Rechner	126
8.3.2	SIMD-Rechner	127
8.3.3	Neuere MIMD-Rechner	128
8.3.4	Entwicklungstrends	130
8.3.5	Spezialhardware für neuronale Netze	130
8.3.6	Optische und biologische Rechner	132
8.4	Stand der Forschung	133
8.4.1	Programmiersprachen und Übersetzerbau	133
8.4.2	Unregelmäßige Probleme	136
8.4.3	Neuronale Netze auf Parallelrechnern	139
8.5	Aufbau und Beiträge dieser Arbeit	141
9	Ein Programmiermodell für konstruktive Algorithmen	142
9.1	Einführung und verwandte Arbeiten	142
9.2	Parallele Datenstrukturen	144
9.3	Parallele Operationen	145
9.4	CuPit	148

9.4.1	Verbindungstypen	148
9.4.2	Knotentypen und Knotengruppentypen	148
9.4.3	Netztypen	149
9.4.4	Prozeduren, Prozeduraufrufe, Parallelität	150
9.4.5	Reduktionen und winner-takes-all	151
9.4.6	Topologieändernde Operationen	152
9.4.7	Ein-/Ausgabe, externe Programmteile	153
9.4.8	Globale Programm- und Ausführungsstruktur	154
9.4.9	Sonstiges	154
9.5	Alternative Realisierungen	155
9.6	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	156
10	Übersetzerarchitektur	158
10.1	Einführung und Überblick	158
10.1.1	Optimierungsziele	158
10.1.2	Annahmen über das Programmverhalten	159
10.1.3	Optimierungstechniken	161
10.1.4	Zielmaschinen	162
10.2	Definitionen	163
10.3	Datenlokalität und Lastbalance	165
10.3.1	Prinzip der Daten- und Prozeßverteilung	165
10.3.2	Deskriptoren	168
10.3.3	Prinzip der Codeerzeugung	168
10.3.4	Topologieverändernde Operationen	170
10.3.5	Berechnung der Knotenblockgröße	172
10.3.6	Berechnung der Knotenblockverteilung	174
10.3.7	Herstellung der Datenverteilung	176
10.4	Weitere Optimierungen	178
10.4.1	Kommunikationsbündelung	178
10.4.2	Verbindungsallokation	181
10.4.3	Knotenverteilung	182
10.4.4	Wahl der Replikatanzahl	183
10.5	Implementation des Übersetzers	184
11	Auswertung	186
11.1	Übersicht	186
11.2	Fehlerbetrachtung	187
11.2.1	Systematischer Fehler	187
11.2.2	Statistischer Fehler	188
11.3	Gesamtleistungsvergleich	188
11.3.1	Absolute Leistung	189
11.3.1.1	Vergleich mit sequentiellen Rechnern	189
11.3.1.2	Vergleich mit Spitzenleistung der MP-1	189
11.3.1.3	Vergleich mit schnellen SIMD-Implementierungen	189
11.3.1.4	Fazit	190
11.3.2	Vergleich mit Modula-2*	190
11.3.2.1	Versuchsaufbau	191
11.3.2.2	Ergebnisse und Fazit	192
11.4	Lastbalance	193
11.5	Datenlokalität	194
11.5.1	Simulierte Nichtlokalität	195
11.5.2	Prüfung der Annahme 5	196

11.5.2.1	Versuchsaufbau	197
11.5.2.2	Ergebnisse und Fazit	197
11.6	Speicher-, Verteilungs- und Kommunikationskosten	199
11.7	Kommunikationsbündelung	200
11.8	Verbindungsallokation	201
11.9	Skalierung	202
11.10	Automatische Wahl der Replikanzahl	204
12	Konklusion: Parallele Übersetzung	207
12.1	Zusammenfassung und Beiträge dieser Arbeit	207
12.2	Ausblick	209
12.2.1	Lokal	209
12.2.2	Global	210
A	Verfügbarkeit der Daten und Programme	211
	Literaturverzeichnis	212
	Index	234