

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	viii
1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung	5
3 Grundlagen	7
3.1 Extrazelluläre Ableitsysteme	7
3.2 Modifikation von planaren Mikroelektroden-Arrays	9
3.2.1 Elektrodenmaterialien	10
3.2.2 Mikro- und Nanostrukturierungstechniken	13
3.3 Nanopillarherstellung in nanoporösen Aluminiumoxid-Membranen	16
3.4 Elektrochemische Methoden	20
3.4.1 Impedanzspektroskopie	20
3.4.2 Zyklovoltametrie	26
3.4.3 Elektrochemische Untersuchungen an Nanostrukturen	30
3.5 Zellwachstum auf Substraten	32
3.5.1 Aufbau und Funktionsweise von Zellen	32
3.5.2 Zellwachstum auf mikro- und nanostrukturierten Substraten	36
3.5.3 Das Hodgkin-Huxley Modell zur Simulation von Neuronen	39
3.5.4 Kopplungsmodell für Zellen auf Mikroelektroden	41
4 Methoden und Materialien	45
4.1 Herstellung von Gold-Nanopillar-Arrays	45
4.1.1 Anodisierung von Aluminiumsubstraten	45
4.1.2 Galvanisierung	47
4.2 Charakterisierung der Nanostrukturen	50
4.2.1 Rasterelektronenmikroskopie	50
4.2.2 Statistische Analyse der Nanostrukturen	51

4.2.3	Elektrochemische Eigenschaften	53
4.3	Zellkopplung an Gold-Nanopillars	56
4.3.1	Oberflächenmodifikationen für verschiedene Zelltypen	57
4.3.2	Live-Dead-Staining mittels Fluoreszenzmikroskopie	59
4.3.3	Fixierung und Kritisch-Punkt-Trocknung	60
4.3.4	Zell-Nanostruktur-Schnitte durch fokussierten Ionenstrahl	61
4.4	Mikroelektroden-Arrays	62
4.4.1	Fabrikation im Reinraum	62
4.4.2	Chip-Aufbau und Verkapselung	67
4.5	Ableitung extrazellulärer Signale von Zellkulturen	69
5	Ergebnisse	71
5.1	Analyse der Geometrie von Gold-Nanopillar-Arrays mittels Rasterelektronenmikroskopie	71
5.2	Elektrochemische Charakterisierung von Gold-Nanopillar-Elektroden	73
5.2.1	Zyklovoltametrie	74
5.2.2	Impedanzspektroskopie	82
5.3	Zellwachstum auf Gold-Nanopillar-Oberflächen	85
5.3.1	Grillen neuronen	85
5.3.2	Ratten neuronen	87
5.3.3	HL1- und HEK-Zellen	103
5.4	Nanostrukturierung von Gold-Mikroelektroden	109
5.5	Signalableitung mit nanostrukturierten MEAs	116
5.5.1	Ableitung extrazellulärer Signale von elektroaktiven Zellen	116
5.5.2	Elektrochemische Charakterisierung von nanostrukturierten und planaren MEAs	127
6	Diskussion	133
6.1	Geometrische und elektrochemische Analyse von Gold-Nanopillars	133
6.2	Zellwachstum auf Gold-Nanopillar-Oberflächen	136
6.3	Signalableitung mit nanostrukturierten Gold-MEAs	139
7	Ausblick	145
	Literaturverzeichnis	149
	Danksagung	159