

Verzeichnis der Bilder und Tabellen

Bild 1.1:	Entwicklung des Absatzes in Deutschland produzierter elektrotechnischer Produkte für den medizinischen Einsatz (Quelle: Statistisches Bundesamt)	2
Bild 1.2:	Charakteristische Kenngrößen medizinischer Produkte in der Black-Box-Abstraktion.....	6
Bild 2.1:	Allgemeine Kommunikations- und Schnittstellenstruktur von Geräten.....	9
Bild 2.2:	Kommunikations- und Schnittstellenstruktur medizinischer Geräte.....	10
Bild 2.3:	Verfügbarkeit von Schnittstellendefinitionen im Interaktionsschema Arzt-Gerät-Patient.....	11
Bild 2.4:	Verknüpfung von Biokompatibilität, Biofunktionalität und Sterilisation	15
Bild 2.5:	Risikoklassen und Abgrenzungskriterien nach Richtlinie 93/42/EWG für die Zuordnung von Medizinprodukten	20
Bild 3.1:	Systemgrenzen-Spezifikation und prinzipielle Topologie.....	27
Bild 3.2:	Bezugssystemkonstellationen für die Kopflagebestimmung.....	29
Bild 3.3:	Rahmenhelm als Sensorträger für die Kopfbewegungsmessung	31
Bild 3.4:	Wirkungsweise des 2-achsigen Neigungssensors, Sensoransteuerung, Signalverarbeitung und Integration der Systemkomponenten in den Helm..	33
Bild 3.5:	Signalverhalten des 2D-Inklinometers – Gegenüberstellung von messtechnisch ermittelten Stützstellen und gefundenen Näherungsfunktionen....	34
Bild 3.6:	Konstellation von Seilzugsensoren in Differentialanordnung zur Drehwinkelmessung.....	35
Bild 3.7:	Drehwinkelkennlinie des Differentialseilzugsensors in Abhängigkeit von der Höhenlage h des Bezugspunktes am Rumpf	37
Bild 3.8:	Komponenten des Kopfbewegungs-Messsystems.....	38
Bild 3.9:	Bedieneroberfläche des Messsystems.....	40
Bild 4.1:	Schematischer Horizontalschnitt durch das Auge mit Iris und Kammerwasser-Reservoirs	42
Bild 4.2:	Relative Häufigkeit H der verschiedenen Glaukomtypen bezogen auf die Gesamtzahl aller Glaukomerkrankungen nach [BRO-01],.....	45

Bild 4.3:	Wichtige Stationen und Verfahren in der geschichtlichen Entwicklung der Tonometrie bis ca. 1985 [BAN-22, WEB-67, GOL-57, DRA-65/93]	48
Bild 4.4:	Phasen und charakteristische Zustände des Applanationsprozesses	52
Bild 4.5:	Anwenderbedingte Unterschiede zwischen Applanations-Tonometern in der Ausführung als Selbsttonometer und als Arzttonometer	56
Bild 4.6:	Funktionsprinzip des Selbsttonometers und Konzepte für die Flächen- und Kraftsensorik.....	58
Bild 4.7:	Eigenschwingverhalten des Applanationskolbens bei Pulsanregung	64
Bild 4.8:	Unbestimmtheit der Aufsetzgeschwindigkeit des Applanationskörpers auf das Auge aufgrund freier Oszillationen des Feder-Masse-Systems	66
Bild 4.9:	Zeitliche Verläufe von Vorschubgeschwindigkeit, Applanationskraft, Detektorsignal und Applanationsfläche während eines Messzyklusses.....	67
Bild 4.10:	Optimiertes Zwei-Phasen-Verfahren zur Unterdrückung systematischer und stochastischer Fehler bei der Augeninnendruckmessung	69
Bild 5.1:	Aufbau des natürlichen Hüftgelenks und Knochenbau des Femur	72
Bild 5.2:	Röntgendarstellungen eines natürlichen Hüftgelenks a) und eines mittels Totalendoprothese wiederhergestellten Hüftgelenks b) im Vergleich	77
Bild 5.3:	Gelenkkräfte als Vielfache der Körpergewichtskraft und resultierende Krafttrajektorie, im Condylen-Mittelpunkt angreifend, in der natürlichen Bewegung am Beispiel (Körpergewicht $m_k = 100 \text{ kg}$; zügiges Gehen mit $v_g = 4 \text{ km/h}$)	79
Bild 5.4:	Volumenmodellierung und FEM-Spannungsanalyse eines Knochen-Prothesen-Verbunds bei simulierter Belastung mit $F_G(30\% \text{ GAZ})/F_K$ gemäß Bild 5.3	80
Bild 5.5:	Energieversorgungs-Topologien für implantierte Protheseninstrumentierungen	83
Bild 5.6:	Eignung magnetischer Speicherelemente für die Kurzzeit-Energieversorgung implantierter elektronischer Schaltungen am Beispiel des Pulsdrahtsensors.....	84
Bild 5.7:	Rechnergestützte Optimierung der Energienutzung auf der Basis eines mathematischen Quellenmodells	85
Bild 5.8:	Prinzip a) und aufwandsminimale schaltungstechnische Realisierung b) eines digitalen Funk-Signaltransmitters in Anlehnung an [GRA-89]	87

Bild 5.9:	Prinzip a) und leistungsoptimierte Realisierung b) eines pulsenergieversorgten Funk-Signaltransmitters für die Protheseninstrumentierung	88
Bild 5.10:	Prinzip der empfangsseitigen transformatorischen Ankopplung an den Pulsdrahtsensor und Beispiel einer Puls-Nachweisschaltung	89
Bild 5.11:	Vergleich der Anforderungs- und Lösungsprofile bei a) qualitativer Bewegungserfassung (off-line) und bei b) quantitativer Bewegungsmessung (online).....	94
Bild 5.12:	Grundlegendes Prinzip eines Wegmesswandlers am schematisierten Beispiel der Relativbewegungsmessung am Hüftprothesen-Knochen-Interface	95
Bild 5.13:	Einteilung magneto-elektrischer und magneto-mechanischer Effekte und ausgewählte Sensor-Effekte.....	97
Bild 5.14:	Funktionsprinzip einer Sensorkonstellation auf der Basis von Feldplatten zur raumrichtungstrennten punktuellen Messung von Relativbewegungen	100
Bild 5.15:	Aufbau und Herstellung von Feldplatten-Wegsensoren spezieller Geometrien in Schachtel-, Schicht- und Hybridbauweise.....	102
Bild 5.16:	Schaltungstechnische Umsetzung der Puls-Intervall-Modulation (PIM), Signalsequenzierung und Fehlersimulation	103
Bild 5.17:	Signalfluss und -verarbeitung vom Sensor bis zur Auswertung.....	104
Bild 5.18:	Komponenten der sensorgestützten quantitativen Relativbewegungsmessung im Zusammenwirken bei der in vivo Anwendung.....	106
Bild 5.19:	Topologien permanentmagnetischer Elemente zur bewegungsabhängigen Auslösung von Pulsdraht-Schaltvorgängen.....	107
Bild 5.20:	Konzept zur qualitativen Überwachung von Relativbewegungsgrenzen am Knochen-Prothesen-Verbund auf der Basis von Pulsdrahtsensoren	109

Tabelle 2.1: Einteilung von Medizintechnikprodukten nach Zugangsgröße und Zugangsart/-ort unter Einbeziehung typischer Produktbeispiele	13
Tabelle 2.2: Wirkschema häufiger Fehlerursachen medizintechnischer Sensoren	14
Tabelle 2.3: Definition von Kompatibilitätsgraden für medizinische Werkstoffe	16
Tabelle 2.4: Zuordnung von typischen Medizintechnik-Komponenten zu Werkstoffklassen und Werkstofffunktionen	17
Tabelle 2.5: Konstruktive Problemstellungen bei drei ausgewählten Messtechnikbeispielen	23
Tabelle 3.1: Befestigungsarten am Kopf, Anwendungsbeispiele und Präferenzen aus mechanischer und medizinischer Sicht.....	30
Tabelle 4.1: Typische Verläufe des Augeninnendrucks in Abhängigkeit verschiedener Zustandsparameter in Anlehnung an Angaben aus [DRA-93] und [DRE-00]	44
Tabelle 4.2: Differenzierung der Krankheitsbilder von Glaukomerkrankungen.....	46
Tabelle 5.1: Ordnungsschema für die Umsetzung von Hüftgelenkersatzmaßnahmen....	75
Tabelle 5.2: Bewertung von Risikofaktoren der elektrischen Sicherheit bei messtechnisch instrumentierten Hüftgelenksendoprothesen	91
Tabelle 5.3: Vergleichende Zusammenstellung der wichtigsten Kennparameter und Wirkzusammenhänge von Feldplatte und Pulsdrahtsensor	98