

## Inhaltsverzeichnis

### Verzeichnis mehrfach verwendeter Abkürzungen

### Teil A: Einführung in das Arbeitsgebiet und die Grundlagen der Meßmethode

|   |     |
|---|-----|
| <b>Kapitel 0 ) Einleitung: Problemstellung, Methoden und Zielsetzungen der Arbeit .....</b>                                     | 1   |
| <br>  |     |
| <b>Kapitel I ) Struktur und Funktion der Protonenpumpe</b>  |     |
| 1.) Der aktive Protonentransport .....  | 6   |
| 2.) Der Aufbau des Bacteriorhodopsinmoleküls.....   | 16  |
| 3.) Der Photoabsorptionszyklus von Bacteriorhodopsin .....  | 20  |
| <br>  |     |
| <b>Kapitel II ) Zeitauflösende elektrische Messungen an Bacteriorhodopsin</b>   |     |
| 1.) Physikalische Grundlage des Meßverfahrens   |     |
| A) Ladungsverschiebungsmessung in Membranen .....   | 28  |
| B) Methoden zur Membranausrichtung und elektrischen Registrierung...  | 32  |
| 2.) Material und Methoden   |     |
| A) Aufbau der Meßapparatur .....  | 34  |
| B) Präparation der photoaktiven Membranen .....   | 38  |
| 3.) Modell der mikroskopischen Verhältnisse an der Membran:   |     |
| A) Der Mechanismus der Anlagerung .....   | 41  |
| B) Charakterisierung der Komponenten des Meßsystems .....   | 43  |
| <br>  |     |
| <b>Teil B: Ergebnisse, die zur Charakterisierung der elektrischen Photoantwort unter Standardbedingungen führen</b>             |     |
| 4.) Ersatzschaltbild und dessen Analyse .....   | 45  |
| 5.) Vergleich von Strom- und Spannungsmessungen .....   | 51  |
| <br>  |     |
| <b>Kapitel III ) Die Auswertung der Signalverläufe durch Funktionenangepaßung</b>   |     |
| 1.) Zeitgesetz als Summe von E - Funktionen .....   | 57  |
| 2.) Kontinuierliche Relaxationsspektren .....   | 66  |
| A) Relaxationsspektrum mit Glättungsrestriktion .....   | 70  |
| B) Die $X^2$ -Verteilung, Potenzgesetzmassen für $U(t)$ .....   | 75  |
| C) Numerische Integration eines Spektrums aus Gauss - Verteilungen ....   | 79  |
| 3.) Spezielle Ursachen für das Vorliegen kontinuierlicher Relaxations- spektren in der Ladungsverschiebungskinetik von bR ..... | 82  |
| <b>Kapitel IV ) Analyse des Photozyklus mit verteilten Zeitkonstanten</b> .....   | 85  |
| <br>  |     |
| <b>Teil C: Ergebnisse zur Analyse der Ursachen der einzelnen Komponenten des Photospannungssignals</b>                          |     |
| <br>  |     |
| <b>Kapitel V ) Veränderung der Photospannungskinetik bei gezielter Variation physikalischer Parameter</b>                       |     |
| 1.) Abhängigkeit der Photospannungskinetik von den Eigenschaften des Anregungslichts .....                                      | 90  |
| 2.) Versuche zur Hell- Dunkeladaptation .....   | 95  |
| 3.) Messung bei permanentem Hintergrundlicht .....  | 97  |
| 4.) Temperaturabhängigkeit der Kinetik der Photospannung .....  | 99  |
| 5.) Phasenzustand der Lipidmatrix und Aggregation des bR .....  | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Kapitel VI ) Untersuchungen zum Beitrag verschiedener Ladungsträger</b>                                    |     |
| 1.) Effekte bei $H_2O - D_2O$ Austausch .....   | 112 |
| 2.) Messungen in $K^+$ , $Cs^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ und $La^{3+}$ bei verschiedenen Konzentrationen ..... | 116 |
| 3.) pH-Abhängigkeit der Kinetik der Ladungsbewegungen .....   | 122 |
| 3.) Einfluß der Pufferkapazität auf die Kinetik .....   | 138 |
| <b>Kapitel VII ) Messungen an bR mit chemisch modifiziertem Retinal</b>                                       |     |
| 1.) Blockierung der Schiffschen Base durch deren Methylierung .....   | 139 |
| 2.) Abspaltung der Methylgruppe vom $C_{13}$ - Atom .....   | 142 |
| <b>Kapitel VIII ) Untersuchungen an genetisch verändertem bR</b>  |     |
| 1.) Aus <i>Escherichia coli</i> mit synthetischem Genom gewonnenes bR .....                                   | 148 |
| 2.) Übersicht über 60 Einzelsubstitutionen .....  | 151 |
| A) Substitution von Tryptophan durch Phenylalanin .....   | 160 |
| B) Substitution von Tyrosin durch Phenylalanin und Alanin .....   | 161 |
| C) Substitution von Glutaminsäure (Glutamat) durch Glutamin .....   | 164 |
| D) Substitution von Prolin durch Alanin, Glycin oder Valin .....  | 165 |
| E) Substitution von Arginin durch Glutamin, Asparagin oder Aspartat .....                                     | 167 |
| F) Substitution von Aspartat durch Alanin, Asparagin oder Glutamat .....                                      | 169 |
| 3.) Aus transformierten Hefezellen gewonnenes bR .....  | 182 |
| <b>IX) Zusammenfassung</b> .....  | 185 |
| <b>X) Danksagung</b>  |     |
| <b>XI) Literaturverzeichnis</b>   |     |
| 1.) Verzeichnis der verwendeten Literatur   |     |
| 2.) Verzeichnis eigener Beiträge  |     |
| <b>XII) Anhang</b>  |     |
| 1.) Ergebnisse photoelektrischer Messungen anderer Autoren  |     |
| 2.) Parameter der Systementladungsfunktion $U_{sys}$  |     |
| 3.) FORTRAN - Routinen zur Berechnung der Fitfunktionen   |     |
| 4.) Fitparameter aller Messungen an PM unter Standardbedingungen  |     |
| 5.) Lebenslauf des Autors   |     |