

Dipl.-Ing. Johann Wilhelm Danninger,  
Hausham

# **Pyruvat-Darstellung aus (*R*)-Lactat im Enzym- Membran-Reaktor mit elektrochemischer Zelle**

Reihe **3**: Verfahrenstechnik

Nr. **448**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Enzymatische Redoxreaktionen . . . . .	1
1.2	Bildung von Pyruvat aus (R)-Lactat mit <i>Proteus vulgaris</i> .	2
1.3	Elektrochemische Mediatorregenerierung . . . . .	8
1.4	Aufgabenstellung . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Beschreibung der Versuchsanlage</b>	<b>16</b>
2.1	Auswahl der Membrantrennstufe . . . . .	16
2.1.1	Membraneigenschaften . . . . .	16
2.1.2	Strömungsführung über der Membran . . . . .	17
2.1.3	Bauart der Membran . . . . .	18
2.1.4	Konstruktive Besonderheiten der Cross-Flow-Membrantrennstufe . . . . .	19
2.2	Die elektrochemische Zelle . . . . .	20
2.3	Materialien der Versuchsanlage . . . . .	23
2.4	Geräte und Meßtechnik . . . . .	24
2.5	Funktion der Versuchsanlage . . . . .	26
<b>3</b>	<b>Mathematische Modellierung</b>	<b>31</b>
3.1	Rührreaktor mit Membrantrennstufe . . . . .	33
3.2	Enzymkinetik . . . . .	37
3.2.1	Reaktionsmechanismus und formalkinetische Gleichungen . . . . .	38
3.2.2	Bestimmung der kinetischen Parameter . . . . .	40
3.2.3	Zeitliche Abhängigkeit der wirksamen Enzymaktivität	45
3.3	Elektrochemische Zelle . . . . .	46

3.3.1	Funktionelle Abhängigkeit des Redoxpotentials von AQDS von den Reaktionsbedingungen . . . . .	46
3.3.2	Kinetik von Redoxelektroden . . . . .	53
3.3.3	Modellierung von porösen Elektroden . . . . .	64
3.3.4	Arbeitselektrodenkammer als idealer Rührkessel . .	68
3.3.5	Linearer Modellansatz für die elektrochemische Kinetik	70
<b>4</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen</b>	<b>73</b>
4.1	Mikroorganismen und Chemikalien . . . . .	73
4.2	Experimentelle Untersuchung des Verhaltens der Cross-Flow-Membrantrennstufe (Membranversuche) . . . . .	74
4.2.1	Einflußgrößen des Filtratvolumenstroms . . . . .	74
4.2.2	Instationäres Filtrationsverhalten . . . . .	75
4.2.3	Versuchsdurchführung . . . . .	76
4.3	Experimentelle Bestimmung der Bruttokinetik der elektrochemischen AQDS-Oxidation (Kinetikversuche) . . . . .	77
4.3.1	Voraussetzungen und Versuchsbedingungen . . . . .	77
4.3.2	Versuchsbeschreibung . . . . .	78
4.4	Experimentelle Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Enzymaktivität (Enzymversuche) . . . . .	81
4.4.1	Lösungsansätze . . . . .	81
4.4.2	Versuchsdurchführung . . . . .	81
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>83</b>
5.1	Zeitlicher Verlauf des Filtratvolumenstroms (Membranversuche) . . . . .	83
5.2	Experimentelle Ergebnisse der elektrochemischen Kinetikversuche und Bestimmung der Modellparameter . . . . .	85
5.3	Exemplarische Modellrechnung eines Enzymversuchs . . . . .	89
5.3.1	Modellgleichungen und -parameter . . . . .	89
5.3.2	Startwerte der Modellvariablen . . . . .	93
5.3.3	Ergebnisse der Modellrechnung . . . . .	94
5.3.4	Parameterstudie . . . . .	97

5.4	Experimentelle Ergebnisse der Enzymversuche im Vergleich mit Modellrechnungen . . . . .	102
<b>6</b>	<b>Diskussion und Schlußfolgerungen</b>	<b>117</b>
6.1	Elektro-enzymatische Lactat-Oxidation . . . . .	117
6.2	Einfluß der Membrantrennstufe auf das Anlagenverhalten .	119
6.2.1	Auswirkungen auf die Versuchsdauer . . . . .	119
6.2.2	Auswirkungen auf den enzymatischen Aktivitätsverlust . . . . .	121
6.3	Reaktionstechnische Modellierung des Anlagenverhaltens .	122
6.3.1	Elektrochemische Zelle . . . . .	123
6.3.2	Rührreaktor und Enzymkinetik . . . . .	125
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>128</b>
<b>A</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>130</b>