

Untersuchungen zum Einfluss verschiedener  
Textilextrakte auf das Wachstum von *Candida*  
*albicans*, *Candida krusei* und *Candida tropicalis*  
mit Hilfe des Mikroplatten-Laser-Nephelometers

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Michael Kleinschmidt  
geboren am 02.03.1980 in Karl-Marx-Stadt

Gutachter

1. PD Dr. rer. nat. U. C. Hipler, Jena
2. PD Dr. med. U. Markert, Jena
3. Prof. Dr. med. U. Wollina, Dresden

Tag der öffentlichen Verteidigung: 06.10.2009

---

**Abkürzungsverzeichnis**

°C	=	Grad Celcius
Abb.	=	Abbildung
AD	=	Atopische Dermatitis
Ag	=	Silber
AIDS	=	Acquired Immune Deficiency Syndrome
ATCC	=	American Type Culture Collection
AWMF	=	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
cm	=	Centimeter
DCM	=	Dichloromethane Extract
EN	=	Europäische Norm
g	=	Gramm
h	=	Stunde
ID	=	Identifizierungssystem
ICP	=	Intrinsic Conducting Polymers
ISO	=	International Organization for Standardization
McF	=	Mc Farland
mg	=	Milligramm
mL	=	Milliliter
mm	=	Millimeter
µL	=	Mykrogramm
NaCl	=	Natrium-Chlorid
nm	=	Nanometer
nw	=	non woven
PA	=	Polyamid
s	=	Sekunde
SGB	=	Sabouraud-Glukose-Bouillon
Tab.	=	Tabelle
TIVI	=	Institut für Spezialtextilien und flexible Materialien

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb.1: Mikromorphologie von Sprosspilzen	4
Abb.2: Schematische Darstellung des SeaCell® Active Herstellungsprozesses	12
Abb.3: Textilbasiertes interaktives TTS-Gewebe auf der Basis von mit Wirkstoffen beladenen ICP beschichtetes ELITEX®-Textil	14
Abb.4: Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	30
Abb.5: Boxplot nach 10 Stunden	31
Abb.6 : Boxplot nach 16 Stunden	31
Abb.7: Boxplot nach 20 Stunden	31
Abb.8: Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	32
Abb.9: Boxplot nach 10 Stunden	32
Abb.10: Boxplot nach 16 Stunden	32
Abb.11: Boxplot nach 20 Stunden	32
Abb.12: Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) mit Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	33
Abb.13: Boxplot nach 10 Stunden	33
Abb.14: Boxplot nach 16 Stunden	33
Abb.15: Boxplot nach 20 Stunden	34
Abb.16: Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	34
Abb.17: Boxplot nach 10 Stunden	35
Abb.18: Boxplot nach 16 Stunden	35
Abb.19: Boxplot nach 20 Stunden	35

Abb.20:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentration im Liniendiagramm	36
Abb.21:	Boxplot nach 10 Stunden	36
Abb.22:	Boxplot nach 16 Stunden	36
Abb.23:	Boxplot nach 20 Stunden	36
Abb.24 :	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	37
Abb.25:	Boxplot nach 10 Stunden	37
Abb.26:	Boxplot nach 16 Stunden	37
Abb.27 :	Boxplot nach 20 Stunden	38
Abb.28:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	38
Abb.29:	Boxplot nach 10 Stunden	39
Abb.30:	Boxplot nach 16 Stunden	39
Abb.31:	Boxplot nach 20 Stunden	39
Abb.32:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	40
Abb.33:	Boxplot nach 10 Stunden	40
Abb.34:	Boxplot nach 16 Stunden	40
Abb.35:	Boxplot nach 20 Stunden	41
Abb.36 :	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	41
Abb.37:	Boxplot nach 10 Stunden	42
Abb.38:	Boxplot nach 16 Stunden	42
Abb.39:	Boxplot nach 20 Stunden	42
Abb.40:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	43
Abb.41:	Boxplot nach 10 Stunden	43

---

Abb.42:	Boxplot nach 16 Stunden	43
Abb.43:	Boxplot nach 20 Stunden	43
Abb.44:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	44
Abb.45:	Boxplot nach 10 Stunden	44
Abb.46 :	Boxplot nach 16 Stunden	44
Abb.47:	Boxplot nach 20 Stunden	45
Abb.48:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	45
Abb.49:	Boxplot nach 10 Stunden	46
Abb.50:	Boxplot nach 16 Stunden	46
Abb.51:	Boxplot nach 20 Stunden	46
Abb.52:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	47
Abb.53:	Boxplot nach 10 Stunden	47
Abb.54:	Boxplot nach 16 Stunden	47
Abb.55:	Boxplot nach 20 Stunden	47
Abb.56:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	48
Abb.57:	Boxplot nach 10 Stunden	48
Abb.58:	Boxplot nach 16 Stunden	48
Abb.59:	Boxplot nach 20 Stunden	49
Abb.60:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	49
Abb.61:	Boxplot nach 10 Stunden	50
Abb.62:	Boxplot nach 16 Stunden	50
Abb.63:	Boxplot nach 20 Stunden	50

Abb.64:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	50
Abb.65:	Boxplot nach 10 Stunden	51
Abb.66:	Boxplot nach 16 Stunden	51
Abb.67:	Boxplot nach 20 Stunden	51
Abb.68:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentration im Liniendiagramm	51
Abb.69:	Boxplot nach 10 Stunden	52
Abb.70:	Boxplot nach 16 Stunden	52
Abb.71:	Boxplot nach 20 Stunden	52
Abb.72 :	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	52
Abb.73:	Boxplot nach 10 Stunden	53
Abb.74:	Boxplot nach 16 Stunden	53
Abb.75 :	Boxplot nach 20 Stunden	53
Abb.76:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	54
Abb.77:	Boxplot nach 10 Stunden	54
Abb.78:	Boxplot nach 16 Stunden	54
Abb.79:	Boxplot nach 20 Stunden	54
Abb.80:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	55
Abb.81:	Boxplot nach 10 Stunden	55
Abb.82:	Boxplot nach 16 Stunden	55
Abb.83:	Boxplot nach 20 Stunden	56
Abb.84 :	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	56
Abb.85:	Boxplot nach 10 Stunden	57

Abb.86:	Boxplot nach 16 Stunden	57
Abb.87:	Boxplot nach 20 Stunden	57
Abb.88:	Wachstumskurven <i>C. albicans</i> (DSM 11225) und Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	58
Abb.89:	Boxplot nach 10 Stunden	58
Abb.90:	Boxplot nach 16 Stunden	58
Abb.91:	Boxplot nach 20 Stunden	58
Abb.92:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	59
Abb.93:	Boxplot nach 10 Stunden	59
Abb.94 :	Boxplot nach 16 Stunden	59
Abb.95:	Boxplot nach 20 Stunden	60
Abb.96:	Wachstumskurven <i>C. krusei</i> (ATCC 1169) und Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	60
Abb.97:	Boxplot nach 10 Stunden	61
Abb.98:	Boxplot nach 16 Stunden	61
Abb.99:	Boxplot nach 20 Stunden	61
Abb.100:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	62
Abb.101:	Boxplot nach 10 Stunden	62
Abb.102:	Boxplot nach 16 Stunden	62
Abb.103:	Boxplot nach 20 Stunden	62
Abb104:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	63
Abb.105:	Boxplot nach 10 Stunden	63
Abb.106:	Boxplot nach 16 Stunden	63
Abb.107:	Boxplot nach 20 Stunden	64



Abb.108:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) mit Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	64
Abb.109:	Boxplot nach 10 Stunden	65
Abb.110:	Boxplot nach 16 Stunden	65
Abb.111:	Boxplot nach 20 Stunden	65
Abb.112:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	65
Abb.113:	Boxplot nach 10 Stunden	66
Abb.114:	Boxplot nach 16 Stunden	66
Abb.115:	Boxplot nach 20 Stunden	66
Abb.116:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) mit Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentration im Liniendiagramm	67
Abb.117:	Boxplot nach 10 Stunden	67
Abb.118:	Boxplot nach 16 Stunden	67
Abb.119:	Boxplot nach 20 Stunden	68
Abb.120:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	68
Abb.121:	Boxplot nach 10 Stunden	68
Abb.122:	Boxplot nach 16 Stunden	68
Abb.123:	Boxplot nach 20 Stunden	69
Abb.124:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	69
Abb.125:	Boxplot nach 10 Stunden	70
Abb.126:	Boxplot nach 16 Stunden	70
Abb.127:	Boxplot nach 20 Stunden	70
Abb.128:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	71
.129: Abb	Boxplot nach 10 Stunden	71

Abb.130:	Boxplot nach 16 Stunden	71
Abb.131:	Boxplot nach 20 Stunden	71
Abb.132:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	72
Abb.133:	Boxplot nach 10 Stunden	72
Abb.134:	Boxplot nach 16 Stunden	72
Abb.135:	Boxplot nach 20 Stunden	73
Abb.136:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	74
Abb.137:	Boxplot nach 10 Stunden	74
Abb.138:	Boxplot nach 16 Stunden	74
Abb.139:	Boxplot nach 20 Stunden	74
Abb.140:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	75
Abb.141:	Boxplot nach 10 Stunden	75
Abb.142:	Boxplot nach 16 Stunden	75
Abb.143:	Boxplot nach 20 Stunden	76
Abb.144:	Wachstumskurven <i>C. tropicalis</i> (ATCC 6258) und Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Liniendiagramm	76
Abb.145:	Boxplot nach 10 Stunden	77
Abb.146:	Boxplot nach 16 Stunden	77
Abb.147:	Boxplot nach 20 Stunden	77
Abb.148:	Antimykotische Wirkungen von 100% SeaCell®Active (SCA 100), SeaCell® (SC 100) und LyoCell® (LC 100) auf <i>Candida albicans</i> (DSM 11225)	81
Abb.149:	Antimykotische Wirkungen von 100% SeaCell®Active (SCA 100), SeaCell® (SC 100) und LyoCell® (LC 100) auf <i>Candida krusei</i> (ATCC 6258)	81

---

Abb.150:	Antimykotische Wirkungen von 100% SeaCell®Active (SCA 100), SeaCell® (SC 100) und LyoCell® (LC 100) auf <i>Candida tropicalis</i> (ATCC 1169)	82
Abb.151:	Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit <i>Candida albicans</i> (24-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)	82
Abb.152 :	Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit <i>Candida albicans</i> (72-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)	83
Abb.153:	Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit <i>Candida krusei</i> (24-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)	83
Abb.154:	Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit <i>Candida krusei</i> (72-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)	83
Abb.155:	Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit <i>Candida tropicalis</i> (24-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)	84
Abb.156:	Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit <i>Candida tropicalis</i> (72-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)	84
Abb.157:	Zusammenfassende graphische Darstellung von <i>Candida albicans</i> mit Elitex® (24- und 72-Stunden-Ansatz)	87
Abb.158:	Zusammenfassende graphische Darstellung von <i>Candida krusei</i> mit Elitex® (24- und 72-Stunden-Ansatz)	87
Abb.159:	Zusammenfassende graphische Darstellung von <i>Candida tropicalis</i> mit Elitex® (24- und 72-Stunden-Ansatz)	88

---

## Tabellenverzeichnis

Tab.1: Zusammensetzung der Textilproben und Kodierung	19
Tab.2: Schema der Mikrotiterplatte zur Ermittlung der geeigneten Zellzahl	24
Tab.3: Schema einer Mikrotiterplatte mit verschiedenen Konzentrationsreihen	25
Tab.4: Verdünnungsschema der Textilextrakte	26
Tab.5: Vorlage der Mikrotiterplatte zur Messung im Nephelometer	27
Tab.6: Einstellung des Nephelometers (NEPHELOstar Galaxy) für die Messreihen	28
Tab.7: Mann-Whitney-U-Test	31
Tab.8: Mann-Whitney-U-Test	32
Tab.9: Mann-Whitney-U-Test	41
Tab.10: Mann-Whitney-U-Test	42
Tab.11: Mann-Whitney-U-Test	43
Tab.12: Mann-Whitney-U-Test	45
Tab.13: Mann-Whitney-U-Test	46
Tab.14: Mann-Whitney-U-Test	47
Tab.15: Mann-Whitney-U-Test	49
Tab.16: Mann-Whitney-U-Test	54
Tab.17: Mann-Whitney-U-Test	56
Tab.18: Mann-Whitney-U-Test	57
Tab.19: Mann-Whitney-U-Test	58
Tab.20: Mann-Whitney-U-Test	60
Tab.21: Mann-Whitney-U-Test	61
Tab.22: Mann-Whitney-U-Test	62
Tab.23: Mann-Whitney-U-Test	64
Tab.24: Mann-Whitney-U-Test	70
Tab.25: Mann-Whitney-U-Test	71
Tab.26: Mann-Whitney-U-Test	73
Tab.27: Mann-Whitney-U-Test	74
Tab.28: Mann-Whitney-U-Test	76
Tab.29: Mann-Whitney-U-Test	77
Tab.30: Zusammenfassung der Ergebnisse	78

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II-IX
Tabellenverzeichnis	X

	Seite
<b>1. Zusammenfassung</b>	1
<b>2. Einleitung</b>	3
2.1. Die Haut des Menschen	3
2.2. <i>Candida</i> -Spezies	3
2.2.1. Reproduktion und Wachstum	4
2.2.2. Geschichte und Zahlen	5
2.2.3. Vorkommen/Übertragung/Prädisponierende Faktoren	5
2.2.4. Virulenzfaktoren der <i>Candida</i> -Spezies	6
2.2.5. Krankheitsbild	7
2.2.6. Diagnose	9
2.2.7. Therapie	9
2.3. Atopische Dermatitis (AD)	10
2.4. SeaCell® Active-Textilien	11
2.5. Elitex®	13
2.6. Mikroplatten-Nephelometrie	14
<b>3. Ziele der Arbeit</b>	16
<b>4. Material und Methoden</b>	17
4.1. Chemikalien	17
4.2. Geräte und sonstige Materialien	17
4.3. SeaCell®-Fasern	19
4.4. Zellkulturen	19
4.5. Software	19
4.6. Probenaufbereitung	19
4.6.1. Herstellung des textilen Untersuchungsmaterials	19
4.6.2. Extrakterstellung der Textilien	20
4.6.3. Extraktfiltration	20
4.6.4. Extraktaufbewahrung	21

4.7.	Pilze	21
4.7.1.	Herstellung einer Sabouraud-Glukose-Bouillon (SGB)	21
4.7.2.	Anzucht	21
4.7.3.	Identitätsüberprüfung	22
4.8.	Vorversuche	23
4.8.1.	Zellzahlbestimmung	23
4.8.2.	Herstellung verschiedener Extraktkonzentrationen	24
4.9.	Vorbereitung der Mikrotiterplatte für die Messung	25
4.10.	Messung im Mikroplatten-Nephelometer	27
4.11.	Vitalitätskontrolle	28
4.12.	Mathematische Auswertung der Messwerte	28
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>30</b>
5.1.	Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von <i>Candida albicans</i> (DSM 11225) mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers	30
5.1.1.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz)	30
5.1.2.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz)	31
5.1.3.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz)	33
5.1.4.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz)	34
5.1.5.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz)	35
5.1.6.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz)	37
5.1.7.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz)	38
5.1.8.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz)	40
5.1.9.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz)	41
5.1.10.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz)	42
5.1.11.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex® (24-Stunden-Ansatz)	44
5.1.12.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex® (72-Stunden-Ansatz)	45
5.2.	Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von <i>Candida krusei</i> (ATCC 1169) mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers	46
5.2.1.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz)	46
5.2.2.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz)	48

5.2.3.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz)	49
5.2.4.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz)	50
5.2.5.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz)	51
5.2.6.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz)	52
5.2.7.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz)	53
5.2.8.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz)	55
5.2.9.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz)	56
5.2.10.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz)	57
5.2.11.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex® (24-Stunden-Ansatz)	59
5.2.12.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex® (72-Stunden-Ansatz)	60
5.3.	Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von <i>Candida tropicalis</i> (ATCC 6258) mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers	61
5.3.1.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz)	61
5.3.2.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz)	62
5.3.3.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz)	64
5.3.4.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz)	65
5.3.5.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz)	66
5.3.6.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz)	68
5.3.7.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz)	69
5.3.8.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz)	70
5.3.9.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz)	72
5.3.10.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz)	73
5.3.11.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex® (24-Stunden-Ansatz)	75
5.3.12.	Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex® (72-Stunden-Ansatz)	76
5.4.	Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	78
5.5.	Vergleich des 24-Stunden-Ansatz mit dem 72-Stunden-Ansatz	79
<b>6.</b>	<b>Diskussion</b>	80
6.1.	Herstellung der Textilextrakte	80
6.2.	Nachweis antimikrobieller Eigenschaften von SeaCell® Active-,	

	SeaCell®- und LyoCell®-Textilextrakten auf <i>Candida albicans</i> , <i>Candida krusei</i> und <i>Candida tropicalis</i> mit Hilfe der Mikroplattennephelometrie	80
6.3.	Nachweis antimikrobieller Eigenschaften von ELITEX®-Textilextrakten auf <i>Candida albicans</i> , <i>Candida krusei</i> und <i>Candida tropicalis</i> mit Hilfe der Mikroplattennephelometrie	86
6.4.	Die antimykotische Wirkungsweise von Silber	88
6.5.	Monitoring des Wachstums der <i>Candida</i> -Spezies mittels des Mikroplatten-Nephelometers	90
<b>7.</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	92
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	94
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	100
	Lebenslauf	
	Danksagung	
	Ehrenwörtliche Erklärung	



## 1. Zusammenfassung

Die Kenntnisse über die keimtötenden Eigenschaften von Edelmetallen reichen bis in die Antike zurück. Beispielsweise nutzte man diese bereits vor Jahrtausenden, indem Wasser in Silbergefäßen aufbewahrte, um einer Keimbesiedlung vorzubeugen.

Das Anwendungsspektrum hat sich in der Gegenwart enorm vergrößert. Silberionen werden in Textilien eingebracht, um durch Mikroorganismen hervorgerufene Erkrankungen der Haut therapieren zu können. Die SeaCell®-Active-Fasern (Lyocell/ Alge/ Ag<sup>+</sup>-ionen), in denen Silbernitrat in die Cellulosestruktur der algeninkorporierten Faser eingebunden wird, sollen diese neuen Entwicklungsansätze verdeutlichen. Gegenwärtig wird die antimikrobielle Wirkung dieser „intelligenten Faser“ durch Suspensions- oder Agardiffusionstest nachgewiesen.

Eine weitere Entwicklung der Textilindustrie ist ein Flächengebilde, das sogenannte Elitex®, welches für Wirkstoff-Freisetzungssysteme zum Einsatz kommt. Auf einem Silber/PA-Elitex®-Flächengebilde werden verschiedene Wirkstoffe gespeichert und gezielt abgegeben.

Mit dieser Arbeit sollten mittels der Mikroplatten-Laser-Nephelometrie, welche eine neue Methode für in-vitro Untersuchungen darstellt, die fungiziden Wirkungen der Textilextrakte nachgewiesen werden.

Bei der Nephelometrie wird die Trübung der Extrakte gemessen. Dies erfolgt anhand des Streulichts, welches in einem bestimmten Winkel zum Primärstrahl entsteht. Durch die ermittelten Messdaten konnte bestätigt werden, dass die Laser-Nephelometrie in Mikrotiterplatten eine besser quantifizierbare und reproduzierbare Methode zum Monitoring des Wachstums von Mikroorganismen darstellt als die bisher verwendeten Verfahren (z.B. Agardiffusion).

Die durchgeführten Messungen im Mikroplatten-Laser-Nephelometer an *Candida albicans* DCM 11225, *Candida krusei* ATCC 1169 und *Candida tropicalis* ATCC 6258 erfolgten mit dem Ziel, den Einfluss von Textilextrakten auf das Wachstum der Pilze zu untersuchen. Die verwendeten Extrakte wurden nach der DIN-Norm EN ISO 10993-12 zur Testung von Textilien hinsichtlich ihrer Zytotoxizität in einer Konzentration von 200 mg/mL hergestellt.

Durch die Mikroplatten-Laser-Nephelometrie konnten die bisher publizierten Ergebnisse bestätigt werden. Es wurde deutlich, dass eine Reduzierung der Keimzahlen vom Vorhandensein und dem Anteil an SeaCell® Active-Fasern (Lyocell/ Alge/ Ag<sup>+</sup>-ionen) in den Textilien abhängig ist.

Anhand der gewonnenen Messergebnisse konnte bei F1, einer reinen SeaCell® Active-Faser (Lyocell/Alge/Ag<sup>+</sup>-ionen-100%), eine fungizide Wirkung bei allen drei getesteten *Candida*-Spezies nachgewiesen werden.

Eine signifikante Wachstumsverzögerung konnte bei den Textilextrakten der wasserstrahlverfestigten Vliese V1 und V2 beobachtet werden, welche einen geringeren Anteil an SeaCell® Active-Fasern aufweisen oder die fungizide Wirkung aufgrund ihrer Verarbeitungsform verloren gegangen ist (V1-SeaCell® Active 20%, Lyocell 80%; V2-SeaCell® Active 100%).

Bei der algeninkorporierten Lyocellfaser F2 und der reinen Lyocellfaser F3, welche ohne Silberionen angereichert sind, zeigte sich keine Hemmung des Pilzwachstums (F2-Lyocell/Alge 100%; F3-Lyocell 100%).

Bei den Elitex®-Garnen konnte eine signifikante Wachstumshemmung aller drei *Candida*-Spezies beobachtet werden, welche auf die Silber/PA-Elitex®-Flächen in den Garnen zurückzuführen ist.

Bei den experimentellen Untersuchungen erwies sich die Mikroplatten-Laser-Nephelometrie als eine äußerst effiziente Methode zum Monitoring mikrobiellen Wachstums gegenüber Extrakten aus Textilien. Derartige Testverfahren könnten in Zukunft zunehmend an Bedeutung erlangen, um schnell und effizient bei der Herstellung und Testung, sowohl von Alltagskleidung wie auch von medizinischer Kleidung, zu helfen.

Aus medizinischer Sicht ergeben sich durch den Einsatz der SeaCell® Active-Faser neue Ansatzpunkte in der Therapie und Prävention dermatologischer Erkrankungen, wie zum Beispiel bei Erkrankungen des atopischen Formenkreises. Sowohl die SeaCell® Active-Fasern als auch die Elitex®-Garne bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Therapie verschiedener Krankheiten.

## 2. Einleitung

### 2.1. Die Haut des Menschen

Die Haut stellt als größtes Organ des Menschen die Grenzschicht zur äußeren Umwelt dar.

Sie besitzt sehr wirksame Schutzmechanismen, welche beispielsweise aus der mechanischen Barriere, der relativen Trockenheit und dem niedrigen pH-Wert bestehen, und kann dadurch Infektionen entgegenwirken.

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die symbiotische Keimflora, wobei eine residente und eine transiente Flora zu unterscheiden sind.

Die residente Flora steht mit dem Organismus in Symbiose bzw. Gleichgewicht und ist permanent auf der Haut vorhanden. Drei Hauptgruppen (Staphylokokken, koryneforme Bakterien und dem Hefepilz *Malassezia*) und zwei kleinere Gruppen (mit Mikrokokken und gramnegativen Keimen) zeichnen die residente Flora aus. Zu ihr gehören auch verschiedene Vertreter der *Candida-Spezies*.

Sie ist abhängig vom Nährstoffangebot, sowie vielen anderen Faktoren (Schwitzen, Lipidangebot usw.) und damit für jede Person individuell verschieden.

Im Falle einer Abwehrschwäche, Verletzung oder Zerstörung der normalen Flora können die Keime durch ungehemmtes Wachstum vom Kommensalismus zum Parasitismus übergehen (Sander, Elsner 2004).

Indem sich der Mensch bekleidet fügt er sich eine „zweite Haut“ zu, die ihn unabhängiger von der Umwelt macht. Sie schützt zum einen den Organismus und auch das Grenzorgan Haut, andererseits kann sie aber auch schädigend wirken.

Die Wissenschaft hat in den letzten Jahren mit der Entwicklung neuer Fasern versucht antimikrobielle Textilien herzustellen, die heutzutage vor allem Anwendung in Sportbekleidung, Unterwäsche, Arbeitskleidung und Hygieneartikeln finden (Elsner 2004).

### 2.2. *Candida-Spezies*

Die *Candida-Spezies* gehören zur Gattung der Hefenpilze. Hefepilze sind mikroskopisch kleine, einzellige Lebewesen, die sich unter günstigen Bedingungen sehr schnell vermehren können. Aber nicht alle Hefepilze sind in der Lage, Menschen krank zu machen. Es gibt viele verschiedene nützliche Arten, die zum Beispiel zum Backen und zur Herstellung von Bier und Wein Verwendung finden.

### 2.2.1. Reproduktion und Wachstum

Hefen können sich durch die Art und Weise ihrer Vermehrung unterscheiden: sexuell (teleomorph) oder asexuell (anamorph).

Bei der sexuellen Reproduktion verschmelzen zwei getrennte, kompetente und komplementäre, haploide Zellen miteinander. Dieser Vorgang wird als Heterothallismus bezeichnet. Im Anschluss an die Karyogamie folgt die meiotische Teilung, bei der aus den diploiden Zellen wieder haploide entstehen.

Es können auch Kerne eines mehrzelligen Thallus miteinander fusionieren, welches dann als Homothallismus bezeichnet wird.

Bei der asexuellen Reproduktion erfolgt nur eine mitotische Teilung der Chromosomen ohne die Meiose. Es kann auch ein Austausch von Zytoplasma oder eine Karyogamie und Bildung von diploiden Zellen auftreten, wo es ohne die Meiose zum Austausch von Gensegmenten kommt. Pilze können sich sowohl in der haploiden wie auch in der diploiden Form asexuell vermehren (*C. albicans* liegt in diploider Form vor, andere *Candida*-Spezies in haploider Form) (Hof 2003).

Während des Wachstums einer Hyphe können Pilze sexuelle oder asexuelle Sporen bilden. Seitlich an der Mutterzelle entsteht durch Knospung (Sprossung) eine Tochterzelle. An der Knospungsstelle bildet die Mutterzelle eine Zellwand aus, die nach Ablösung der Tochterzelle als Sprossungsnarbe verbleibt. Diese Zellen können durch eine extrazelluläre Matrix miteinander verbunden bleiben

Unter bestimmten Umwelteinflüssen können sich diese Zellen strecken und filamentöse Formen annehmen (Abb. 1). Da die Zellen zwar miteinander in Kontakt stehen, aber nicht miteinander kommunizieren, spricht man von einem Pseudomyzel (Hof 2003).

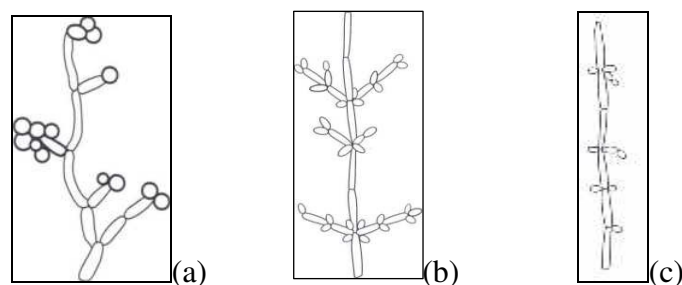


Abb. 1a-c Mikromorphologie von Sprosspilzen (modifiziert nach Herbert Hof)

(a) *C. albicans* (b) *C. tropicalis* (c) *C. krusei*

Im Gegensatz zu dem schwer zerstörbaren echten Mycel anderer Pilze bricht das Pseudomyzel bei mechanischer Einwirkung an den Polen benachbarter Zellen leicht auseinander.

Sprosspilze sind in der Lage bestimmte Enzyme, wie zum Beispiel Esterasen, Lipasen oder Phosphatasen, zu bilden. So können die Hefen unter bestimmten Bedingungen Zellwände penetrieren und ins Gewebe eindringen, woraus sich Organ- oder Systemmykosen entwickeln können.

### **2.2.2. Geschichte und Zahlen**

Zum ersten Mal konnte Langenbeck im Mundschwamm (Thrush) 1839 einen hefeähnlichen Pilz nachweisen. David Gruby machte 1842 diesen Pilz als pathogenes Agens für „le vrai Muguet des enfants“ (weiße Schleimbeläge bei Kindern) verantwortlich (Smith 1980).

*Candida albicans* wurde 1853 von Robin als *Oidium albicans* bezeichnet, 1890 wurde es durch Zopf in *Monilia albicans* umbenannt, weshalb die entsprechende Krankheit lange als Moniliasis bekannt war.

Weltweit gibt es mehr als 150 Synonyme, wobei heutzutage die Bezeichnung *Candida* bevorzugt wird, welche auf die „toga candida“ (die weiße Robe der römischen Senatskandidaten) zurückgeht (Lynch 1994).

Ebenso gibt es für das Krankheitsbild einer Candidose zahlreiche Bezeichnungen, wobei im deutschen Sprachraum „Soor“ (altdeutsch für verdorren, wund machen) als eine *Candida*-bedingte Schleimhauterkrankung in den oberen Luftwegen und in der Mundhöhle bezeichnet wird, während man im Englischen von „Thrush“ und im Französischem von „Muguet“ spricht (Rippon 1982).

### **2.2.3. Vorkommen/Übertragung/Prädisponierende Faktoren**

Die *Candida*-Pilze siedeln sich nicht selten in geringer Zahl auf den Schleimhäuten des Gastrointestinaltraktes an, jedoch ohne besondere nachteilige Folgen für den Menschen, wenn er immunkomponent ist.

Erst bei Änderung der Resistenz- oder Immunitätslage können diese fakultativ pathogenen Pilze zu Infektionen führen. In diesem Fall spricht man von endogenen Infektionen. Anstecken kann man sich allerdings auch durch direkten Kontakt oder über Gegenstände, die von einem Kranken mit Candidabefall mitbenutzt wurden, wie z.B. Zahnbürsten, Essgeschirr, Tassen oder Handtücher, was als exogene Infektion bezeichnet wird.

Die Immunsuppression ist einer der bedeutendsten Faktoren, die eine Candidose bedingen.

Die Abwehrdefekte können anlagebedingt sein. Sie treten an neutrophilen Granulozyten, T-Lymphozyten, sowie des mononukleären Phagozytosesystems auf.

In den meisten Fällen liegt die Ursache aber in den Grunderkrankungen und deren Folgen, wie z.B. akute Leukämie, AIDS, Chemotherapie, Drogenabusus, Knochenmarkaplasie, Splenektomie oder Tumorleiden (Coroline et al. 1969, Lehrer et al., 1969, Breton-Gorius et al. 1975, Tattersall 1975, Xanthou et al. 1975, Provost 1976, Mills et al. 1977, DuPont und Drouhet 1985, Ghannoum et al. 1988).

Weitere Ursachen können pharmakologische Wirkstoffe wie Antibiotika und Kortikosteroide, iatrogene Faktoren wie intravenöse Katheter, mazeriertes Gewebe unter feuchten, warmen und luftverschlossenen Bedingungen (Verbände, Windeln) und parenterale Ernährungssonden sein. Auch Diabetes mellitus und andere hormonelle Dysfunktionen, Gravidität, kohlenhydratreiche Nahrung, Adipositas und Infektionen bakterieller oder viraler Genese können zu einer Candidose führen.

Gefährdet sind auch gesunde Säuglinge und gesunde alte Menschen, da bei ihnen die Leistung des Immunsystems nicht optimal ist.

Daraus ist zu schlussfolgern, dass sich die spezifische Bedeutung jedes einzelnen Faktors für eine Candidose nicht kategorisieren lässt, denn bei vielen klinischen Fällen bestimmt erst das komplizierte Zusammenspiel das Ausmaß der Erkrankung (Ghannoum 1988).

#### **2.2.4. Virulenzfaktoren der *Candida*-Spezies**

Besonders gefährdet ist der Organismus wenn er bereits in irgendeiner Weise vorgeschädigt ist (Smith 1980, Rippon 1982).

Wenn es dadurch zu einer Infektion mit Erregern aus den *Candida*-Spezies kommt, folgt zunächst eine Erhöhung der Keimzahl in den kolonisierten Schleimhäuten und auch in normalerweise unbesiedelten Regionen. Dies ist die Voraussetzung für ein parasitäres Verhalten, welches sich mit dem Übergang von der Plastosporen- in die Hyphenform vollzieht. Dieser Vorgang stellt einen wichtigen Virulenzfaktor dar.

Weitere Virulenzfaktoren sind Adhärenzfaktoren und Proteasen.

Davis und Denning isolierten 1972 ein Zellwandglykoprotein von *C. albicans*, welches an neutrophile Granulozyten bindet und die Freisetzung der Myeloperoxidase aus der Wirtszelle verhindert. Diese Enzymphosphomannose-Isomerase spielt eine wichtige Rolle bei der Synthese der Zellwände (Wells 1995).

### 2.2.5. Krankheitsbild

Das Krankheitsspektrum dieser fakultativ pathogenen Pilze erstreckt sich von harmlos über quälend bis tödlich.

*Candida albicans* ist die am häufigsten isolierte Spezies (ca. 70%), gefolgt von *C. glabrata* (20%), *C. tropicalis* (3%), *C. krusei* (2%) und *C. parapsilosis* (2%) (Hof 2003).

Das Krankheitsbild umfasst unterschiedliche Symptome, je nachdem welches Organ betroffen ist.

#### Candidosis intertriginosa

Es bilden sich Erosionen auf Flächen, wo Haut auf Haut liegt und so ein Feuchtigkeitsraum entsteht. Ein geringfügiges Nässen und Satellitenherde in der näheren Umgebung zum Hauptherd treten ebenfalls auf.

Ein feinlamellöser Schuppensaum bildet den Rand zur gesunden Haut. Es treten im Anfangsstadium oberflächliche schlaffe Bläschen oder Pusteln auf, die vor allem in den großen Hautfalten und in den Axillen lokalisiert sind (AWMF Online-Leitlinie 2005).

#### Candidosis genito-glutealis infantinum

Betroffen sind vor allem Säuglinge in den ersten Lebensmonaten.

Es bilden sich perianal und perigenital vesikopustulöse Effloreszenzen, die schnell konfluieren können und somit die gesamte Windelregion abdecken.

Die Haut ist intensiv gerötet und erscheint oft lackartig glänzend mit einem feinen Schuppensaum an den Rändern (AWMF Online-Leitlinie 2005).

#### Candidosis interdigitalis

Die Candidosis beginnt mit kleinen Bläschen, die schnell platzen und einer erosiven Rötung im Faltegrund weichen. Oftmals kommt es zur Ausbildung schmerzhafter Rhagaden.

Betroffen sind die Interdigitalräume an Händen und Füßen. Häufig sind diese assoziiert mit Arbeiten oder Aufenthalt in feuchten Bereichen (AWMF Online-Leitlinie 2005).

#### Folliculitis barbae candidomycetica

Diese Form ist sehr selten und betrifft die tieferen Hautschichten. Die Pilze dringen in die Haarfollikel ein, vorzugsweise in der Bartregion (AWMF Online-Leitlinie 2005).

### Genitalcandidose

Beim Mann kann die Infektion die Glans penis, den Sulcus coconarius, das innere Präputialblatt, die Urethra und gelegentlich auch die Samenwege betreffen.

Initial finden sich Bläschen und Pusteln, die schnell konfluieren und eine großflächige, entzündliche und gerötete Erosion hinterlassen können.

Bei der Frau sind Vulva und/oder Vagina betroffen. Das Glukoseangebot in der Vagina, das zyklisch unterschiedlich ist, ist entscheidend für die Pilzkonzentration.

Das klinische Erscheinungsbild der Vulvacandidose ist unterteilt in die vesikulös-papulöse, die diffus-exzematöse und die follikuläre Form.

Die Vaginalcandidose geht mit Juckreiz, Fluor, Rötung und zum Teil Schmerzen einher (AWMF Online-Leitlinie 2005).

### Chronische mucocutane Candidose (CMC)

Diese seltene und sehr therapieresistente Form betrifft Schleimhaut, Haut und Nägel.

Sie kann zum Teil mit einer Granulombildung einhergehen.

Eine Candida-Stomatitis charakterisiert alle Formen dieser Candidose, die mit Soorbelägen, sowie entzündlichen Veränderungen im Pharynx, im Ösophagus oder bis in den Darm reichen kann.

Auch die Zunge kann betroffen sein. Die Nägel sind brüchig bis total dystrophisch (AWMF Online-Leitlinie 2005).

### Orale Candidose

Klinisch äußert sich die Infektion durch stippchenförmige, später konfluierende, weiße abstreifbare Beläge. Unter diesen Belägen befindet sich eine hochrote Schleimhaut, die beim Entfernen der Beläge zu bluten beginnt.

Es kann zu Missempfindungen, wie Schmerzen der Mundschleimhaut, Zungenbrennen oder Geschmacksstörungen kommen (Hof 2003, AWMF Online-Leitlinie 2008).



### 2.2.6. Diagnose

Die Diagnosesicherung beginnt mit der klinischen Inspektion.

Von den betroffenen Arealen werden Abstriche genommen und damit ein Nativpräparat und eine Kultur angelegt. Es stehen verschiedene feste (Sabouraud-Glukose-Agar, Kimmig-Agar) und flüssige Nährböden (Sabouraud-Glukose-Bouillon) zur Verfügung.

Die Kultur wird bei ca. 37° Celsius im Brutschrank für 24 bis 48 Stunden inkubiert. Danach wird sie auf das Wachstum von Sprosspilzen hin kontrolliert.

Zur Differenzierung der *Candida*-Art gibt es verschieden Möglichkeiten, wie zum Beispiel das Anlegen von Subkulturen auf Reis-Agar, der Keimschlauchtest oder verschiedene biochemische Differenzierungsmöglichkeiten, gemäß dem Identifizierungssystem ID32 (AWMF Online-Leitlinie 2005, 2008).

### 2.2.7. Therapie

#### Medikamentöse Therapie

Zur Behandlung der Hautcandidose werden Polyen-Antimykotika bevorzugt eingesetzt.

Nystatin und Amphotericin B in Form von Pasten oder Cremes sind die Mittel der Wahl. Alternativ können Imidazol-Antimykotika wie Clotrimazol und das Hydroxypyridon Ciclopiroxolamin angewendet werden. Meist führt die durchgeführte Lokalbehandlung zur Heilung. Wichtig ist, dass die zu behandelnden Areale gut belüftet werden.

In Einzelfällen ist aber auch die systemische Gabe erforderlich. Hierzu werden die Triazol-Antimykotika Fluconazol und Itraconazol eingesetzt.

Bei der Candidosis genito-glutealis infantum sollten die Säuglinge zusätzlich oral Nystatin oder Amphotericin B erhalten.

Die systemische Gabe von Fluconazol oder Itraconazol ist auch bei der Folliculitis barbae erforderlich.

Die Behandlung der chronischen mucocutanen Candidose gestaltet sich schwierig.

Ziel sollte es sein, den Immundefekt zu beseitigen. Möglichkeiten wären eine Knochenmarktransplantation oder eine Behandlung mit Transferfaktor.

Zur Lokalbehandlung kleiner Hautareale wird ein Azolantimykotikum empfohlen, zur systemischen Gabe Ketoconazol oder Flucanzol.

Die Vaginalcandidose wird lokal mit Polyenen (Nystatin, Amphotericin B), Imidazolen oder Ciclopiroxolamin-Vaginalia behandelt.

Oral erfolgt die Therapie mit Triazolen (Fluconazol, Itraconazol).

Seit kurzem werden auch wieder vaginale Antiseptika (Octenidin, Hexetidin) angewendet.

Bewährte Antimykotika vom Polyen-Typ oder Azol-Typ (speziell Miconazol) in Form von Lösungen, Lutschtabletten oder Gelen werden zur Behandlung der oralen Candidose verabreicht.

Da zunehmend resistente Spezies gegen Antimykotika auftreten steigt das Risiko für Infektionen durch weniger virulente Formen, weshalb eine Dosisanpassung und Resistenzbestimmung notwendig werden kann (AWMF Online-Leitlinie 2005 ,2008).

### **2.3. Atopische Dermatitis (AD)**

Die atopische Dermatitis ist eine chronisch rezidivierende Erkrankung der Haut. Etwa 1-3% der Erwachsenen und 5-20% der Kinder neigen zu dieser Erkrankung bzw. leiden darunter, wobei 60% aller AD-Patienten die Krankheit im 1. Lebensjahr und weitere 30% in den folgenden 4 Jahren entwickeln.

Man unterscheidet entsprechend dem Alter verschiedene Stadien, die sich in ihrem klinischen Erscheinungsbild ändern. Beim Säuglingsekzem zeigen sich alle Zeichen der akuten Dermatitis mit einem stark exsudativem Charakter, beim Ekzem im Kindesalter nimmt die entzündliche Gewebeeinfiltration kontinuierlich zu und beim Ekzem im Erwachsenenalter sind die befallenen Hautareale deutlich lichenifiziert, zusätzlich können Begleitsymptome wie Ichthyosis vulgaris und Keratosis pilaris auftreten. Allen Stadien gemeinsam sind das Ekzem sowie ein starker Juckreiz (Braun 2005).

Zu einem ungünstigen Krankheitsverlauf tendieren Patienten mit mehreren an AD erkrankten Familienmitgliedern, die zusätzlich an assoziiertem Asthma bronchiale und allergischer Rhinitis leiden (Saarinen 1995, Bergmann 1998).

Grundlegende pathogenethische Faktoren für das atopische Ekzem ist die genetische Disposition und die Dysbalance des Immunsystems. Durch das Zusammenspiel mit verschiedenen Provokationsfaktoren kommt es zum Ausbruch der Erkrankung. Zu den entscheidenden Provokationsfaktoren zählen zum Beispiel mikrobielle Einflüsse (*Candida*-Spezies, *Malassezia*-Spezies, *S. aureus*), irritative Aspekte (Schwitzen, Waschgewohnheiten) und allergische Komponenten (Textilien, Nahrungsmittel, Aeroallergene). Dabei ist die Kleidung, neben starkem Schwitzen, Hitze und Fieber, einer der wesentlichsten Provokationsfaktoren. Zu beachten ist hierbei der Unterschied zwischen den unspezifischen, irritativen Faktoren und den spezifischen, allergischen Reaktionen. Während das irritative Potential bestimmter Textilien eine große Zahl von Patienten mit atopischem Ekzem betrifft und besonders im Kindesalter durch einen erhöhten Juckreiz zu einer starken

Verschlechterung des Krankheitsbildes führen kann, sind allergische Reaktionen auf Textilien selten (Fischer et al. 2003).

Heutzutage ist das atopische Ekzem therapeutisch gut behandelbar. Je nach Akuität kommen Glukokortikosteroide, Immunsuppressiva, Antiseptika, Basispflege usw. zum Einsatz.

Eine komplette Heilung ist aufgrund der genetischen Disposition nicht möglich, allerdings kann man in den meisten Fällen ein nahezu beschwerdefreies Leben erreichen.

Darüber hinaus spielt natürlich auch die konsequente Vermeidung von Provokationsfaktoren eine entscheidende Rolle (Fischer et al. 2003).

Dort findet sich der entscheidende Ansatzpunkt in der Entwicklung antimikrobieller Textilien.

#### **2.4. SeaCell® Active–Textilien**

Die Haut ist die Grenzfläche zwischen Körper und Umwelt. Jeder Hauttyp hat seine spezifische Physiologie und schützt sich mehr oder weniger gegen äußere Stressfaktoren. Unsere Kleidung steht im intensiven Kontakt mit der Haut und nimmt eine besondere Stellung bei der Bewältigung verschiedener Reizzustände ein.

Aus diesem Grund hat sich die Textilindustrie in letzter Zeit diesem Problem zunehmend angenommen. Naturfasern wie Baumwolle und Seide ermöglichen eine gute Belüftung und eine bessere Feuchtigkeitsaufnahme im Gegensatz zu Synthetikfasern.

Eine Variante stellt die Verarbeitung von Silber in den Fasern dar, dessen antimikrobielle Wirkung schon seit langem bekannt ist.

Ein weiterer Ansatzpunkt ist der Einsatz von Chitosanfasern, die aus dem Biopolymer Chitin, dessen Rohstoffquelle marine Schalentiere bilden, bestehen und antimykotische Eigenschaften besitzen. Außerdem sollten Textilien bei mindestens 60°C gewaschen werden, um Erreger abzutöten. Es gibt auch Hygiene-Wäschespüler (Preventol® R 50), die als Waschmittelzusatz zur Desinfektion der Textilien bei niedrigeren Temperaturen geeignet sind (Sander, Elsner 2004).

Da *Candida*-Spezies und *Malassezia*-Spezies, besonders aber *S. aureus* die Provokationsfaktoren für das atopische Ekzem sind, entwickelt man Textilien mit antimikrobiellen Eigenschaften.

SeaCell®-Fasern bestehen aus fein gemahlenem Algenmaterial aus der Gruppe der Braun-, Rot-, Grün- und Blaualgen, die zudem noch die Fähigkeit besitzen Stoffe zu binden und zu absorbieren.

Diese Fähigkeit wird speziell für die Bindung von Metallen genutzt.

Besonders die Braunalge *Ascophyllum nodosum* und die Rotalge *Lithothamnium calcareum* werden in der Textilindustrie angewendet.

Meeresalgen finden schon seit längerer Zeit Verwendung in der Kosmetikindustrie und auch in der Pharmaindustrie. Ausgenutzt wird dort die Bindung verschiedener Mineralien wie Calcium, Magnesium und Natrium, die zur Homeostase der Haut beitragen. Außerdem werden Kohlenhydrate, Aminosäuren, Fette und Vitamine von der Meeresalge aus dem Meerwasser aufgenommen (Hipler et al. 2004).

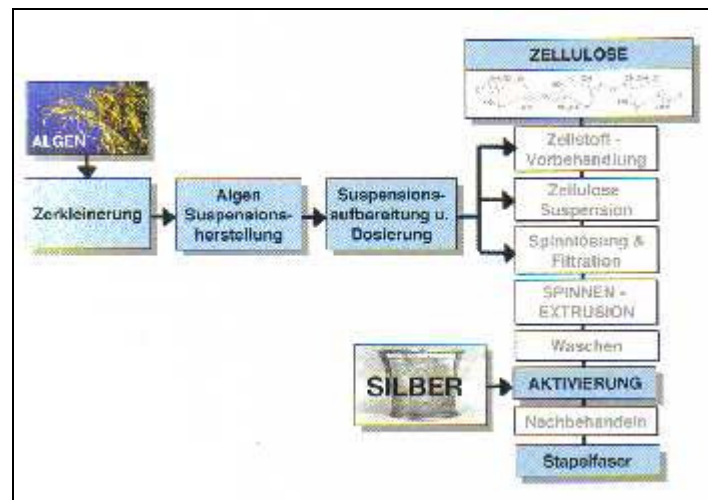


Abb. 2 Schematische Darstellung des SeaCell® Active Herstellungsprozesses  
(modifiziert nach Hipler et al. 2004)

Zur Herstellung dieser Faser wird das ZIMMER-Lyocell-Verfahren angewandt (Zikeli 2001). Gemahlenes Algenmaterial wird dabei pulverförmig oder als Algensuspension direkt der Cellulose, der Cellulosemaische oder der Spinnlösung zugeführt. Diese Zellulosespinnlösung wird unter Verwendung des Lösungsmittels N-Methylmorpholin-N-Oxid hergestellt. Aus dieser Cellulose-Algen-Spinnlösung wird dann die algeninkorporierte Lyocell-Faser gesponnen (Abb. 2).

Nach einer Waschung findet der Schritt der Aktivierung statt. Bei diesem Schritt wird die Fähigkeit zur Bindung von Metallen ausgenutzt. Es können dadurch antimykotisch und antibakteriell wirkende Metalle, wie zum Beispiel Silber oder Zink, vom fertig ausgeformten cellulosischen Faserkörper gebunden werden.

Aufgrund der sehr seltenen Nebenwirkungen und der seit über einem Jahrhundert bekannten antimykotischen und antibakteriellen Wirkung wird Silber als bevorzugtes Metall in SeaCell® Active-Fasern verwendet.

Der Aktivierungsschritt bringt den Vorteil, dass das Silber bis in den Kern der fertig geformten SeaCell®-Faser dauerhaft eingebracht werden kann.

Silber wird über freie Carbonyl-, Carboxy- und Hydroxyl-Gruppen der inkorporierten Alge und der Cellulose gebunden. Die in Algen vorhandenen Phenole bilden Chelatkomplexe über die Silber aufgenommen wird. Die gleichmäßige Verteilung der Algen über den gesamten Faserquerschnitt und das Quellverhalten der Cellulose bedingen, dass die Silberionen dauerhaft in die Matrix eingebracht werden.

Dies wurde mittels Atomabsorptionsspektroskopie und Kryobruich mit anschließender Darstellung im Rasterelektronenmikroskop analysiert (Hipler et al. 2004).

Der antimykotische und antibakterielle Effekt bleibt durch die geringe Abgabe der Silberionen langfristig erhalten.

Die guten textilphysikalischen Eigenschaften der SeaCell®-Fasern sorgen für eine hohe Formstabilität, die cellulosischen Fasern bieten einen angenehmen Tragekomfort.

Die antimykotischen Eigenschaften wurden mit zwei verschiedenen *In-vitro*-Testsystemen gegenüber verschiedenen Pilzen der *Candida*-Spezies geprüft (Hipler et al. 2004).

Verschiedene Fasern wurden mit *Candida*-Spezies für 24 Stunden inkubiert und anschließend mit Hilfe der Neubauer-Zählkammer quantifiziert.

Außerdem wurden die aktiven Pilzspezies mit dem Fluoreszenzfarbstoff FUN-1® angefärbt.

Diese Untersuchungen zeigten antimykotische Wirkungen gegen *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* und *Candida tropicalis*. Auffallend war die Konzentrationsabhängigkeit der antimykotischen Wirkung bei den untersuchten Spezies (Anteil von SeaCell® Active-Fasern im Gewebe) (Hipler et al. 2004).

Auch eine antibakterielle Wirkung gegen *Staphylococcus aureus* und *Escherichia coli* wurde nachgewiesen, wobei sich ebenfalls eine Konzentrationsabhängigkeit zeigte.

Ob diese Fasern in bioaktiven Textilien Verwendung finden, werden weitere Tests, besonders In-vivo-Tests am Menschen zeigen.

## **2.5. Elitex®**

Seit jeher sucht die Medizin nach effektiven Systemen, um eine kontrollierte und interaktive Abgabe von Wirkstoffen zu ermöglichen.

Im Rahmen eines Projektes der TIVI Greiz stehen dabei transdermale therapeutische Systeme im Mittelpunkt des Interesses. Dabei zeigte sich, dass sich verschiedene Wirkstoffe, wie Acetylsaliylsäure und Nicotinsäure, in Form des Anions als Gegenion in Redoxpolymeren (intrinsisch leitbare Polymere/ ICP – Intrinsic Conducting Polymers) speichern lassen.

Durch elektrochemische Oxidation als Anion können so chemisch gebundene Wirkstoffe permanent gespeichert werden und interaktiv mittels eines Potentialpulses oder durch Reduktionsmittel freigesetzt werden.

Solche ICP-Filme lassen sich durch Textilveredlung auf Elitex®-Textilien permanent präparieren (Abb. 3) (Neudeck et al. 2007)

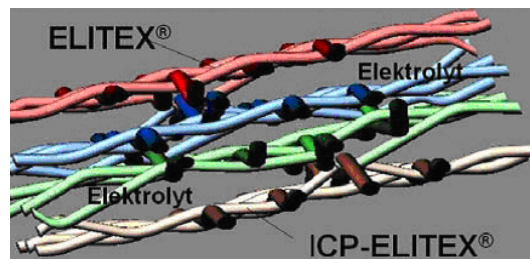


Abb. 3 Textilbasiertes interaktives TTS-Gewebe auf der Basis von mit Wirkstoffen beladenen ICP beschichtetes ELITEX®-Textil  
(modifiziert nach TITVMed Greiz, 2007)

## 2.6. Mikroplatten-Nephelometrie

Die Basis der Nephelometrie beruht darauf, dass sichtbares Licht eine Suspension durchdringt und das eingestrahelte Licht durch Reflexion, Absorption und Streuung beeinflusst wird. Diese Beeinflussung des Lichts wurde Ende des 19. Jahrhunderts von Michael Faraday und John Tyndall als „Tyndall-Effekt“ beschrieben. Dabei beobachtete der irische Physiker Tyndall die Streuung elektromagnetischer Wellen an suspendierten kleinen Teilchen.

Je mehr Partikel oder je trüber die Suspension in der Lösung ist, desto grösser ist auch die Menge des gestreuten Lichts, wobei die Energie des gestreuten Lichts der Partikelkonzentration der Suspension gegenüber direkt proportional ist (Fouda et al. 2005).

Die Nephelometrie ist ein quantitatives analytisches Verfahren bei dem der Trübungswert von Flüssigkeiten oder Gasen anhand des Streulichts im bestimmten Winkel zum Primärstrahl gemessen wird (Hipler et al. 2003).

Mit dem Trübungswert wird das qualitative Phänomen der Trübung quantitativ erfasst.

Ziel dabei ist es, Informationen über den Gehalt an streuenden Partikeln zu erhalten.

Zum einen kann dies durch die Bestimmung des Lichtverlustes des transmittierten Strahls (Streuungskoeffizient) gemessen werden, zum anderen durch die Messung der Intensität des seitlichen Streulichts (Streuintensität).

Der Streuungskoeffizient entspricht hierbei der Gesamtheit des Streulichts, welches dem einfallenden Lichtstrahl entzogen wurde.

Die Streuintensität gibt dagegen an, wie viel Streulicht unter einem bestimmten Winkel abgelenkt wird.

Bei der Laser-Nephelometrie mittels Laser-Mikroplattennephelometer wird der direkte Strahl ausgeschaltet und das nach vorn gestreute Licht durch Linsen auf einer Photodiode gesammelt (Fouda et al. 2005).

Anwendung findet die Mikroplattennephelometrie zum Beispiel in der Messung von Partikelkonzentrationen in einer flüssigen Suspension (Löslichkeitstests), in der Messung der Partikelpräzipitation in einem flüssigen Medium (Immunpräzipitation, Proteinpräzipitation) oder in der Quantifizierung von Makromolekülen (Polymerisation). Weiterhin wird die Mikroplattennephelometrie zum Monitoring für die antimykotische Wirkung von Chitosanen genutzt (Seyfarth et al. 2007).

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Nephelometrie dem bisher oft angewandten Verfahren der Turbidimetrie (Trübungsmessung in einem Photometer anhand der Lichtschwächung eines direkt durch die Suspension gehenden Lichtstrahls) hinsichtlich der Sensitivität überlegen ist. Weitere Vorteile sind die Messung sehr geringer Partikelkonzentrationen, sowie Messungen in den Anfangsphasen des Wachstums von Mikroorganismen (Hipler et al. 2003, Seyfarth et al. 2007).

### 3. Ziele der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung des Wachstums von *Candida albicans* DSM 11225, *Candida tropicalis* ATCC 6258 und *Candida krusei* ATCC 1169 mit Hilfe des Mikroplatten-Laser-Nephelometers, unter dem Einfluss verschiedener Textilextrakte.

Für die Untersuchung von Textilien auf das Proliferationsverhalten von *Candida*-Spezies existieren die Arbeiten von Hipler et al. (2006/2007).

Eine neue Methode zur Untersuchung der Hemmung der Proliferation der *Candida*-Spezies stellt die Mikroplatten-Laser-Nephelometrie dar. Hierbei soll untersucht werden, inwieweit sich die Mikroplatten-Laser-Nephelometrie für die Testung bestimmter Textilien eignet, oder ob es sogar Vorzüge gegenüber anderen Testungsmethoden gibt.

Um die Messungen im Mikrotiterplatten-Laser-Nephelometer durchzuführen, ist es notwendig Textilextrakte herzustellen. Die Herstellung erfolgt in Anlehnung an die DIN-Norm EN ISO 10993-12 zur Testung von Textilien hinsichtlich ihrer Zytotoxizität.

Damit möglichst alle Substanzen im Extrakt vorhanden sind, wird ein Vergleich zwischen einem 24-Stunden-Ansatz und einem Ansatz über 72 Stunden erstellt. Hierbei sollen die optimalen Bedingungen für die Textilextraktherstellung gefunden werden.

Mit der Mikroplatten-Laser-Nephelometrie soll eine neue, aber bereits erfolgreich für das Monitoring von Mikroorganismen eingesetzte Methode auf die Untersuchung von Textilextrakten angewendet werden. Diese schnelle und einfache Methode soll im Vergleich zu den bereits etablierten Verfahren für die Untersuchung der Wechselwirkungen von Textilien mit Pilzspezies oder Bakterien beurteilt und evaluiert werden.



## 4. Material und Methoden

### 4.1. Chemikalien

CASY® ton (isotonische Verdünnung für flüssige Zellkulturen)	Firma Schärfe System GmbH, Reutlingen
ID 32 (Identifizierungssystem für Hefen)	Firma Bio Mérieux, Marcy-l'Étoile
Isotonische Kochsalzlösung (0,9 % NaCl)	Firma Fresenius Kabi, Bad Homburg
McFarland Standard (Standardreihe mit verschiedenen optischen Dichten)	Firma Bio Mérieux, Marcy-l'Étoile
SABOURAUD-2% Glucose Bouillion (SGB)	Firma MERCK KGaA, Darmstadt

### 4.2. Geräte und sonstige Materialien

VARIOKLAV® Typ 400 (Dampfsterilisator)	Firma H + P Labortechnik GmbH, München
Biosafe Eco ( Brutschrank 37° C)	Firma Integra Bioscience, Vancouver
Breathe- Easy (Abdeckfolien für Mikrotiterplatten)	Firma Diversified Biotech, Boston
CASY® Cups (Behälter für CASY® ton)	Firma Schärfe System GmbH, Reutlingen
CASY® 1 Modell TT (Zellzähler und Analytisches System)	Firma Schärfe System GmbH, Reutlingen
Cell-Star PP-Test Tubes (15 mL, 150 mL) (sterile Reagenzgläser aus Plastik)	Firma Greiner bio-one, Frickenhausen
Faltenfilter (Filterpapier)	Firma Machery-Nagel GmbH, Düren
Gazin-Mullkompressen (10x10)	Firma Lohmann und Rauscher International GmbH, Rengsdorf
Gefrierschrank (-80° C)	Firma Kendro, Hanau
Gefrierschrank (-20° C)	Firma Liebherr
Glasflaschen und Erlenmeyerkolben (50mL, 250 mL, 500 mL, 1000mL)	Firma Schott, Jena
Handschuhe SafeSkin Purple Nitril-xtra (nicht steril)	Firma Kimberly-Clark, Roswell
Heizplatte IRAMAG REC-G	Firma JANKE & KUNKEL GmbH, Staufen i. Br.
Kühlschrank (7° C)	Firma Liebherr

---

Magnetheizplatte IRAMAG REC-G	Firma JANKE & KUNKEL GmbH, Staufen i. Br.
Microbank (Gefäße zum Einfrieren von Bakterienstämmen)	Firma Pro-Lab Diagnostics, Austin, Texas
Mikroschraubröhre 2ml PP	Firma Sarstedt, Nürnberg
Mikrotiterplatte PS 96 Well sterile Nalgene, Porengröße 0.20 µm (sterile Filtration)	Firma Greiner bio-one, Frickenhausen Firma Nalge Nunc International, Rochester
Retsch MM 301 (Schwingmühle mit Mahlbecher)	Firma Retsch GmbH, Haan
NEPHELOstar Galaxy (Mikroplatten-Nephelometer)	Firma BMG Labtechnologies, Offenburg
PS Mikrotiterplatte 96 Wells steril	Firma Greiner bio-one, Frickenhausen
Pipetten (verschiedene Größen)	Firma Eppendorf, Hamburg
ROTANTA/RP (Zentrifuge)	Firma Hettich, Tuttlingen
Sabouraud-Glukose-Agar mit Gentamycin-Chloramphenicol (SDA)	Firma Biomérieux, Marcy-l'Etoile
Sartorius Minisart Porengröße 0.20 µm (sterile Filtration)	Firma Vivascience, Hannover
Schüttler KM-2 AKKU	Firma Johanna Otto GmbH, Hechingen
Spritzen Injekt (3mL, 5mL, 10mL)	Firma B. Braun, Melsungen
sterile Ösen (verschiedene Größen)	Firma Greiner bio-one, Frickenhausen
Tecnoflow (Laminarbox)	Firma Integra Biosciences, Allerød
Varioklav (Autoklav)	Firma H+P Labortechnik, Oberschleißheim
Waage	Firma Sartorius, Göttingen
Wasserbadschüttler GLF-Typ 1083	Firma Gesellschaft für Labortechnik mbH, Burgwedel

### 4.3. Untersuchungsmaterialien

Die Textilproben wurden in verschiedenen Zusammensetzungen verwendet (siehe Tab. 2.1.)

Tab.1 Zusammensetzung der Textilproben und Kodierung

<u>Faser</u>	<u>Gehalt in %</u>	<u>Art der Textilien</u>	<u>Kodierung</u>
SeaCell® Active 100	100 (LyoCell®/Alge/ Ag <sup>+</sup> -ionen)	Faser	F1
SeaCell® 100	100 (LyoCell®/Alge)	Faser	F2
LyoCell® 100	100 (LyoCell®)	Faser	F3
SeaCell® Active 20 nw	20 (SeaCell® Active) 80 (LyoCell®) non woven	Wasserstrahlverfestigtes Vlies	V1
SeaCell® Active 100 nw	100 (SeaCell® Active) non woven	Wasserstrahlverfestigtes Vlies	V2
Elitex®	Unbekannt	Rundgestrick	Eli

### 4.4. Zellkulturen

Als Zellkulturen wurden drei verschiedene *Candida*-Spezies verwendet:

*C. albicans* DSM 11225, *C. krusei* ATCC 1169 und *C. tropicalis* ATCC 6258.

### 4.5. Software

Microsoft Excel

NEPHELOstar Galaxy Version 4.30-0

SPSS

### 4.6. Probenaufbereitung

#### 4.6.1. Herstellung des textilen Untersuchungsmaterials

Die Herstellung der Textilextrakte erfolgte nach der DIN-Norm EN ISO 10993-12 für die Testung von Textilien hinsichtlich ihrer Cytotoxizität gegenüber verschiedener Zelllinien.

Die Textilproben wurden mit Hilfe einer Schere zerkleinert. Die Stoffteile sollten nicht größer als 0.25 cm<sup>2</sup> sein.

Vier bis sechs Gramm dieser Textilstücke wurden in einen verschraubbaren Mahlbecher aus rostfreiem Edelstahl gegeben. Der Mahlbecher hat ein Fassungsvermögen von 50 mL. Es ist darauf zu achten, dass die zerkleinerten Stücke locker in dem Mahlbecher liegen.

Nach Zugabe von drei Mahlkugeln aus rostfreiem Edelstahl mit einem Durchmesser von 12 Millimeter wurde der Mahlbecher verschlossen, in eine Schwingmühle eingebracht und für fünf Minuten bei Frequenz von 30 Hertz geschüttelt.

Die Textilprobe sollte im Anschluss an den Mahlvorgang in feingemahlener Form vorliegen.

#### **4.6.2. Extraktherstellung der Textilien**

Ziel war es, eine möglichst große Textilmenge in die Sabouraud-Glukose-Bouillon einzubringen.

Da die zu untersuchenden Stoffe eine unterschiedliche Zusammensetzung und auch Stoffdichte hatten, erwies es sich als schwer die entsprechende Menge zu finden.

Nach mehreren Versuchen stellte sich heraus, dass eine Zusammensetzung von 2000 mg gemahlenes Textil mit 10 mL SGB das Maximum war, damit die gemahlene Textilmenge vollständig mit SGB bedeckt war. Dies entspricht einer Konzentration von 200mg/mL.

2000 mg gemahlene Textilprobe wurden in einen sterilen Erlenmeyerkolben gegeben und im Anschluss für 15 Minuten bei einer Temperatur von 121 °C im Autoklaven autoklaviert.

Danach wurden 10 mL SGB hinzugegeben und die Extraktlösung in einen Wasserbadschüttler gestellt. Die Arbeiten wurden in einer Laminarbox durchgeführt

Jeder Ansatz wurde in zwei verschiedenen Extraktionszeiten in Anlehnung an ISO 10993 – Teil 12 (1996) hergestellt:

1.  $(24 \pm 2)$  Stunden bei  $(37 \pm 1)$  °C

2.  $(72 \pm 2)$  Stunden bei  $(37 \pm 1)$  °C.

#### **4.6.3. Extraktfiltration**

Mit Hilfe des Wasserbadschüttlers ist ein großer Teil der Textilien in Lösung gegangen. Um die restlichen festen und flüssigen Bestandteile zu trennen wurde die Textilsuspension auf eine Mullkomresse überführt. Die Mullkomresse wurde in ein steriles Cellstar Plastikröhrchen eingebracht und mit dem Schraubverschluss fixiert.

Diese Arbeitsschritte erfolgten ebenfalls unter sterilen Bedingungen in einer Laminarbox.

Die Plastikröhrchen wurden in eine Zentrifuge gestellt und für fünf Minuten bei 2000 Umdrehungen/min zentrifugiert. Dadurch verblieb die feste Phase in der Mullkomresse.

Nach Entfernung der Mullkomresse verblieb die Flüssigkeit im Röhrchen.

Der Ansatz wurde unter einer Laminarbox durch einen Faltenfilter in einen 50 mL Erlenmeyerkolben filtriert, um große Stoffpartikel zurückzuhalten.

Im Anschluss erfolgte die sterile Filtrierung mittels Nalgene-Filtersystemen, wobei ein Filter mit 0,20 µm Porengröße verwendet wurde, um Bakterien und sonstige Mikroorganismen zurückzuhalten.

#### **4.6.4. Extraktaufbewahrung**

Die fertigen Extrakte wurden in sterile Cellstar Plastikröhrchen abgefüllt.

Jedes Röhrchen sollte mindestens vier mL des Extraktes enthalten.

Im Anschluss wurden die Röhrchen im Gefrierschrank bei -18 °C eingefroren und bis zu ihrer Verwendung darin aufbewahrt.

### **4.7. Pilze**

#### **4.7.1. Herstellung einer Sabouraud-Glukose-Bouillon (SGB)**

Eine SGB stellt das Nährmedium dar, in dem sich die *Candida*-Spezies sehr gut vermehren können.

Zur Herstellung wurden 30 g Trockenpulver unter Zugabe von einem Liter destilliertes Wasser in einem Becherglas unter Rühren auf einer Magnetheizplatte gelöst. Anschließend wurde die Sabouraud-Glukose-Bouillon auf drei Gefäße verteilt und im Autoklaven für 15 Minuten bei 121 °C autoklaviert.

Die fertige Bouillon wurde bei 7 °C in einem Kühlschrank aufbewahrt.

#### **4.7.2. Anzucht**

Die verwendeten Stämme wurden in Kryoröhrchen (Mikrobanksystem) aufbewahrt und bei -80 °C im Tiefkühlschrank gelagert. Die Anzucht der Pilze erfolgte nach den Arbeitsanweisungen der Klinik für Dermatologie der Friedrich-Schiller-Universität in Jena.

Aus dem Mikrobankgefäß wurde unter aseptischen Bedingungen eine Kugel des entsprechenden Pilzes mit einer sterilen Öse entnommen. Mit dieser Kugel erfolgte die Beimpfung einer Sabouraud-Glukose-Agarplatte. Anschließend wurde die Agarplatte für mindestens 24 Stunden im Brutschrank bei 30°C inkubiert.

Die Lagerung der Agarplatte erfolgte bei Raumtemperatur im Labor. Zur Qualitätssicherung wurden die Pilzkulturen einmal wöchentlich auf neue Sabouraud-Glukose-Agarplatten überimpft.

### 4.7.3. Identitätsüberprüfung

Zur Identitätsüberprüfung wurde für alle drei *Candida*-Spezies das ID 32 Identifizierungssystem benutzt.

Dies ist ein miniaturisiertes System zur Identifizierung von Hefen anhand von standardisierten Assimilationsreaktionen und einer speziellen Datenbasis. Es wird die Tatsache, dass die zu testenden Hefen Kohlenhydrate in dehydrierter Form verstoffwechseln, zur Differenzierung der Hefen benutzt. Die differenzierten Eigenschaften der Fermentation und Assimilation der einzelnen Hefespezies sind die Grundlage des Versuchs. Die verstoffwechselten Kohlenhydrate sind typbestimmend für die Hefen.

Mit einer Öse des zu untersuchenden Materials wurde eine frische Sabouraud-Glukose-Agarplatte beimpft und für 24 Stunden bebrütet.

- Durchführung:
1. Alle Reagenzien auf Raumtemperatur bringen
  2. Referenznummer des Stammes auf einen Streifen schreiben.
  3. Eine Ampulle Suspensionsmedium (Aqua dest) mit einer oder mehreren Kolonien beimpfen und verreiben.
  4. McFarland 2 herstellen (Trübung der Suspension).
  5. 250  $\mu\text{L}$  der hergestellten Suspension in ein Röhrchen C-Medium (Agar) geben.
  6. Mit einer elektronischen ATP Pipette die Suspension mischen und 135 $\mu\text{L}$  in jede vorgesehene Vertiefung einen Streifen geben.
  7. Abdecken und 24 Stunden bis 48 Stunden bei 30 °C inkubieren.
  8. Um ein Austrocknen des Streifens zu vermeiden, muss der Streifen entweder in eine feuchte Kammer gestellt werden oder eine Wasserwanne im Brutschrank stehen.

Jede Vertiefung wird entsprechend ihrem Ergebnis mit einer Zahl beschriftet. Da die Vertiefungen in dreier Gruppen eingeteilt sind, wurde aus drei Zahlen die Summe gebildet. Die erhaltene Zahlenreihenfolge wird dann mit der Referenznummer verglichen.

Die Auswertung erfolgt mit Hilfe eines Computersystems (Mini API).

## 4.8. Vorversuche

### 4.8.1. Zellzahlbestimmung

Vor den eigentlichen Messungen mit dem Mikroplatten-Nephelometer erfolgte eine Bestimmung der Zellzahl.

Dazu wurde zunächst eine 24 Stunden Schüttelkultur des entsprechenden Pilzes angesetzt.

Mit einer sterilen Öse wurden drei bis fünf isolierte Pilzkolonien von der Agarplatte abgeimpft und in eine Kulturflasche mit 20 mL SGB überimpft.

Die Kulturflasche wurde verschlossen und auf einen Schüttler für 24 Stunden bei Raumtemperatur gestellt.

Aus der Schüttelkultur wurden mit einer Pipette 20  $\mu$ L entnommen und mit 180  $\mu$ L CASY® ton in einer Mikro-Schraubröhre gemischt.

Daraus wurden 20  $\mu$ L mittels Pipette entnommen und in ein CASY® Cup mit 10 mL CASY® ton gegeben.

Im CASY® 1 Zellzähler wird die enthaltene Zellzahl der CASY® Cups bestimmt.

Vor und nach jeder Messung muss mit reinem CASY® ton gespült werden, um exakte Zellzahlen zu erhalten.

Mehrere Probemessungen mit verschiedenen Zellzahlen waren notwendig, um die geeigneten Zellzahlen zu erhalten.

Die Mikrotiterplatte wurde wie in Tabelle 2.2. dargestellt, mit verschiedenen in Sabouraud-Glukose-Boillion enthaltenden Zellzahlen pipettiert und über 48 Stunden im Mikroplatten-Nephelometer gemessen.

Es wurden die Zellzahlen  $10^8$ /mL,  $10^7$ /mL,  $10^6$ /mL,  $10^5$ /mL,  $10^4$ /mL und  $10^3$ /mL verwendet.

Im Anschluss an die Messung wurden die Wachstumskurven verglichen.

Die Spalten 8-12 wurden frei gelassen.

Um der jeweiligen Trübung einen Vergleichswert zuordnen zu können wurde der McFarland Standard (McF) mit unterschiedlichen Trübungswerten (0.5-5) in Spalte eins pipettiert.

Tab.2 Schema der Mikrotiterplatte zur Ermittlung der geeigneten Zellzahl

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>A</b>	NaCl	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>					
<b>B</b>	McF0,5	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>					
<b>C</b>	McF1	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>					
<b>D</b>	McF2	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>					
<b>E</b>	McF3	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>					
<b>F</b>	McF4	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>					
<b>G</b>	McF5	B	B	B	B	B	B					
<b>H</b>	NaCl	B	B	B	B	B	B					

10<sup>3</sup>-10<sup>8</sup>/μL = Zellzahlen; B = Blank (200 μL SGB); McF = 200 μL McFarland Standard;  
NaCl = 200 μL Isotonische Kochsalzlösung (0,9 % NaCl)

Die Wachstumskurven zeigten, dass eine Zellzahl zwischen 0,5 und 2,5 x 10<sup>5</sup>/μL ausreicht. Außerdem zeigte sich, dass das Maximum des Pilzwachstums je nach Verdünnung zwischen neun und fünfzehn Stunden erreicht war. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden die weiteren Messungen über 24 Stunden durchgeführt.

#### 4.8.2. Herstellung verschiedener Extraktkonzentrationen

Ziel war es, Verdünnungen zu wählen, die bei allen Textilproben eine mögliche Hemmung, sowie eine Abstufung in der Hemmung aufzeigten.

Die hergestellte Konzentration von 200 mg/mL wurde weiter verdünnt, um die Konzentrationen 150 mg/mL, 100 mg/mL, 75 mg/mL und 50 mg/mL zu erhalten.

Die Extrakte F1 und V1 wurden auf einer Mikrotiterplatte in den unterschiedlichen Konzentrationen mit *C. albicans* in einer 24 Stunden Messung untersucht (siehe Tab.2.3.).



Tab.3 Schema einer Mikrotiterplatte mit verschiedenen Konzentrationsreihen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>A</b>	NaCl	P	F1 (50 mg/mL)	F1 (75 mg/mL)	F1 (100 mg/mL)	F1 (150 mg/mL)	F1 (200 mg/mL)	V1 (50 mg/mL)	V1 (75 mg/mL)	V1 (100 mg/mL)	V1 (150 mg/mL)	V1 (200 mg/mL)
<b>B</b>	McF0,5	P	F1 (50 mg/mL)	F1 (75 mg/mL)	F1 (100 mg/mL)	F1 (150 mg/mL)	F1 (200 mg/mL)	V1 (50 mg/mL)	V1 (75 mg/mL)	V1 (100 mg/mL)	V1 (150 mg/mL)	V1 (200 mg/mL)
<b>C</b>	McF1	P	F1 (50 mg/mL)	F1 (75 mg/mL)	F1 (100 mg/mL)	F1 (150 mg/mL)	F1 (200 mg/mL)	V1 (50 mg/mL)	V1 (75 mg/mL)	V1 (100 mg/mL)	V1 (150 mg/mL)	V1 (200 mg/mL)
<b>D</b>	McF2	P	F1 (50 mg/mL)	F1 (75 mg/mL)	F1 (100 mg/mL)	F1 (150 mg/mL)	F1 (200 mg/mL)	V1 (50 mg/mL)	V1 (75 mg/mL)	V1 (100 mg/mL)	V1 (150 mg/mL)	V1 (200 mg/mL)
<b>E</b>	McF3	P	F1 (50 mg/mL)	F1 (75 mg/mL)	F1 (100 mg/mL)	F1 (150 mg/mL)	F1 (200 mg/mL)	V1 (50 mg/mL)	V1 (75 mg/mL)	V1 (100 mg/mL)	V1 (150 mg/mL)	V1 (200 mg/mL)
<b>F</b>	McF4	P	F1 (50 mg/mL)	F1 (75 mg/mL)	F1 (100 mg/mL)	F1 (150 mg/mL)	F1 (200 mg/mL)	V1 (50 mg/mL)	V1 (75 mg/mL)	V1 (100 mg/mL)	V1 (150 mg/mL)	V1 (200 mg/mL)
<b>G</b>	McF5	BP	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
<b>H</b>	NaCl	BP	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

B = Blank (50  $\mu$ L SGB + 150  $\mu$ L Textilextrakt); BP = Blank Pilz (200  $\mu$ L SGB);

F1,V1 = Extrakt (50  $\mu$ L Pilzsuspension + 150  $\mu$ L Textilextrakt);

P = Pilz (50  $\mu$ L Pilzsuspension + 150  $\mu$ L SGB)

Anhand der Wachstumskurven stellte sich heraus, dass sie ab einer Konzentration von 75 mg/mL nur noch eine geringfügige Änderung aufzeigten. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden die Konzentrationen 100 mg/mL, 150 mg/mL und 200 mg/mL gewählt.

#### 4.9. Vorbereitung der Mikrotiterplatte für die Messung

Aufgrund der Vorversuche wurden die Konzentrationen 200 mg/mL, 150 mg/mL und 100 mg/mL gewählt, welche sich durch die Zugabe der Pilzsuspension allerdings noch verringerten.

In ein Well wurden 200  $\mu$ L pipetiert, somit wurden 50  $\mu$ L Pilzsuspension und 150  $\mu$ L Textilextrakt in ein Well gegeben. Daraus ergaben sich die Konzentrationen 150 mg/mL, 112.5 mg/mL und 75 mg/mL.

Alle folgenden Arbeitsschritte fanden unter sterilen Bedingungen in einer Laminarbox statt.

Zuerst wurden die Verdünnungen der Textilextrakte hergestellt (siehe Tab. 2.4.).

Tab.4 Verdünnungsschema der Textilextrakte

<b>Gewünschte Konz. in mg/mL</b>	<b>Herstellung</b>
150	50 $\mu$ L SGB + 150 $\mu$ L Extrakt 200 mg
112.5	37.5 $\mu$ L SGB + 112.5 $\mu$ L Extrakt 150 mg
75	28.125 $\mu$ L SGB + 84.375 $\mu$ L Extrakt 112.5 mg

Im Anschluss wurde aus der 24-Stunden-Pilz-Schüttelkultur die erwünschte Zellzahl von  $10^5/\mu\text{L}$  erstellt.

Da die gemessenen Zellzahlen häufig im Bereich von  $10^8/\mu\text{L}$  lag, musste die Schüttelkultur noch entsprechend verdünnt werden (siehe Tab. 2.3.).

Dabei wurde jeweils 1:10 verdünnt, das heißt 1000  $\mu\text{L}$  Pilzsuspension wurden mit 9000  $\mu\text{L}$  SGB verdünnt.

Mit dem CASY® 1 Zellzähler wurde überprüft, ob auch wirklich die gewünschte Zellzahl erreicht worden war.

Jeweils 50  $\mu\text{L}$  der Pilzsuspension wurden in die Wells mit den Buchstaben E1-3 und P pipettiert (siehe Tab.2.5.). P stellt dabei die Wachstumskurve ohne Zusatz von Textilextrakten dar, wobei BP die Kontrolle der Wachstumskurve ist (200  $\mu\text{L}$  SGB).

In die Wells mit dem Buchstaben B und E1-3 wurden jeweils 150  $\mu\text{L}$  der jeweiligen Verdünnung des entsprechenden Extraktes pipettiert.

Auf jeder Mikrotiterplatte wurden drei verschiedene Extrakte mit demselben Pilz gemessen.

Tab.5 Vorlage der Mikrotiterplatte zur Messung im Nephelometer

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>A</b>	NaCl	P	E1 (75 mg/mL)	E1 (112.5 mg/mL)	E1 (150 mg/mL)	E2 (75 mg/mL)	E2 (112.5 mg/mL)	E2 (150 mg/mL)	E3 (1:75 mg/mL)	E3 (112.5 mg/mL)	E3 (150 mg/mL)	
<b>B</b>	McF0,5	P	E1 (75 mg/mL)	E1 (112.5 mg/mL)	E1 (150 mg/mL)	E2 (75 mg/mL)	E2 (112.5 mg/mL)	E2 (150 mg/mL)	E3 (1:75 mg/mL)	E3 (112.5 mg/mL)	E3 (150 mg/mL)	
<b>C</b>	McF1	P	E1 (75 mg/mL)	E1 (112.5 mg/mL)	E1 (150 mg/mL)	E2 (75 mg/mL)	E2 (112.5 mg/mL)	E2 (150 mg/mL)	E3 (1:75 mg/mL)	E3 (112.5 mg/mL)	E3 (150 mg/mL)	
<b>D</b>	McF2	P	E1 (75 mg/mL)	E1 (112.5 mg/mL)	E1 (150 mg/mL)	E2 (75 mg/mL)	E2 (112.5 mg/mL)	E2 (150 mg/mL)	E3 (1:75 mg/mL)	E3 (112.5 mg/mL)	E3 (150 mg/mL)	
<b>E</b>	McF3	P	E1 (75 mg/mL)	E1 (112.5 mg/mL)	E1 (150 mg/mL)	E2 (75 mg/mL)	E2 (112.5 mg/mL)	E2 (150 mg/mL)	E3 (1:75 mg/mL)	E3 (112.5 mg/mL)	E3 (150 mg/mL)	
<b>F</b>	McF4	P	E1 (75 mg/mL)	E1 (112.5 mg/mL)	E1 (150 mg/mL)	E2 (75 mg/mL)	E2 (112.5 mg/mL)	E2 (150 mg/mL)	E3 (1:75 mg/mL)	E3 (112.5 mg/mL)	E3 (150 mg/mL)	
<b>G</b>	McF5	PB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
<b>H</b>	NaCl	PB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	

E1,2,3 = verschiedene Extrakte

#### 4.10. Messung im Mikroplatten-Nephelometer

Zur Vermeidung von Flüssigkeitsverlusten und Kondensationseffekten wurden die Mikrotiterplatten mit einer transparenten, hydrophoben und gasdurchlässigen Abdeckfolie (Breathe-Easy) versiegelt und anschließend in das Nephelometer (NEPHELOstar Galaxy) gegeben.

Es wurde mit Hilfe des Mikroplatten-Laser-Nephelometers die Ausgangszellzahl bestimmt, das heißt jedes Well wurde einmalig gemessen.

Danach wurde das Nephelometer für die Messung der Wachstumskurve eingestellt. In diesem Modus misst das Gerät stündlich die Trübung in den einzelnen Wells. Hierbei wurden folgende wesentliche Einstellungen vorgenommen: (siehe Tab.2.6.)

Tab.6 Einstellung des Nephelometers (NEPHELOstar Galaxy) für die Messreihen

<b>Einstellung</b>	<b>Erklärung</b>
Number of cycles: 24	Es wurden 24 Messzyklen eingestellt, da nach 24 Stunden keine Änderungen mehr auftraten. Dies wurde bei der Messung ohne Textilproben über 24 Stunden festgestellt.
Shaking: Vor jeder Messung	Um über die gesamte Messreihe eine homogene Suspension zu erhalten, wurde die Platte vor jeder Messung geschüttelt.
Shaking time: 3600 s	3600 s, also 1h wurde die Platte vor jedem Zyklus geschüttelt.
Shaking width: 5mm	Umfang der Bewegung der Mikrotiterplatte
Laser beam focus: 2,5 mm	Brennweite des Lasers
Measurment intervall time: 0,1 s	Zeit, die für eine Messung eines Wells benötigt wird
Gain: 155	Verstärkung
Reading: horizontal	Ableserichtung der Wells während der Messung
Incubator: on; bei 30 °C	Erwärmung und Konstanthalten der Temperatur

#### 4.11. Vitalitätskontrolle

Um zu prüfen ob die Pilze bei einer vollständigen Hemmung auch wirklich abgestorben waren, wurde zur Überprüfung eine Vitalitätskontrolle durchgeführt.

Dabei wurde eine Sabouraud-Glukose-Agarplatte mit Proben aus den Wells beimpft.

Die Agarplatte wurde für 48 Stunden im Brutschrank bei 30°C inkubiert.

Danach wurde makroskopisch beurteilt, ob Pilzkolonien auf der Agarplatte gewachsen waren oder nicht.

#### 4.12. Mathematische Auswertung der Messwerte

Die erhaltenen Ergebnisse wurden mathematisch und statistisch wie folgt ausgewertet:

Die Messungen ergaben relative Nephelometer-Units.

Aus den jeweiligen Messwerten wurde der Mittelwert gebildet. Ebenso wurde für die Blank-Werte der Mittelwert gebildet, welcher dann von den Messwerten subtrahiert wurde.

Für jeden der drei Pilze mit einem der sechs Textilien wurde eine Wachstumskurve erstellt.

Diese Auswertung wurde mit Hilfe von Microsoft Excel durchgeführt.

Mit Hilfe von SPSS wurde für drei verschiedene Zeitpunkte (nach 10, 16 und 20 Stunden) der Mann-Witney-U-Test errechnet. Hierbei wurde die Signifikanz zur Referenzkontrolle geprüft. Signifikanzwerte  $p \leq 0,05$  werden im Folgenden als signifikant bezeichnet.

Außerdem wurde mit SPSS für die oben genannten Zeitpunkte jeweils noch ein Boxplot erstellt. In Boxplots werden Median, Interquartilbereich, Ausreißer und Extremfälle einzelner Variablen angezeigt.

## 5. Ergebnisse

Der graphische Verlauf über 24 Stunden im Excel-Graph zeigt zu jedem Zeitpunkt die Mittelwerte der Wachstumskurven der drei Konzentrationen, sowie die Mittelwerte der Standardwachstumskurve.

Um eine Aussage über die Verteilung der Einzelwerte machen zu können, wurde für drei Zeitpunkte (nach 10, nach 16 und nach 20 Stunden) ein Boxplot erstellt.

Der Mann-Whitney-U-Test wurde anschließend zur Bestätigung der Signifikanz herangezogen.

Es sollten immer alle Darstellungen und Tests zusammen betrachtet werden, um eine Aussage über eine eventuelle Hemmung treffen zu können.

### 5.1. Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von *Candida albicans* (DSM 11225) mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers

#### 5.1.1. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz)

In den graphischen Darstellungen zeigt sich, dass der Textilextrakt F1 das Pilzwachstum in allen drei Konzentrationen komplett hemmt.

Dies bestätigt sich auch im Mann-Whitney-U-Test für jede der drei Konzentrationen zu jedem Zeitpunkt. Die Vitalitätskontrolle fiel negativ aus.

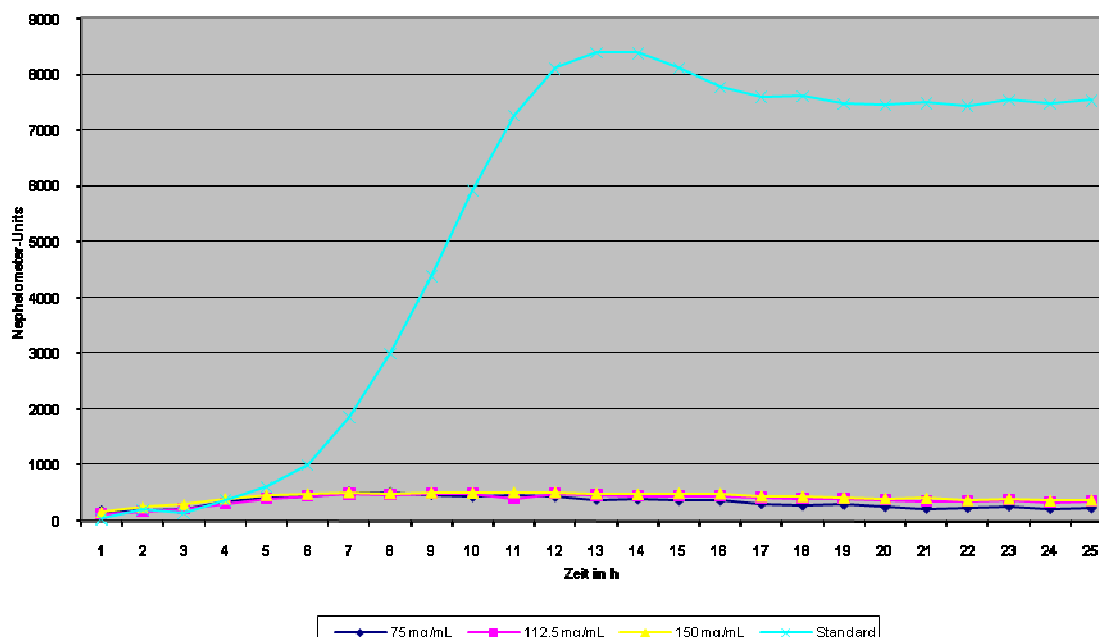


Abb.4 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

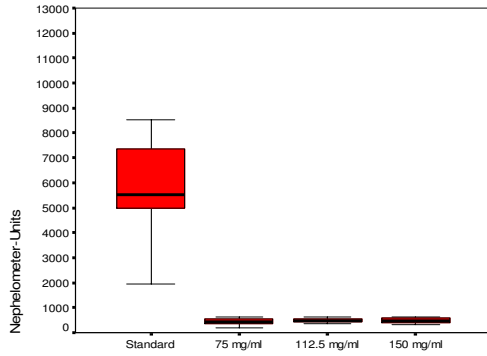


Abb.5 Boxplot nach 10 Stunden

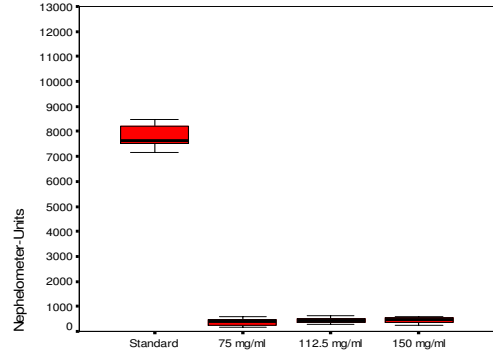


Abb.6 Boxplot nach 16 Stunden

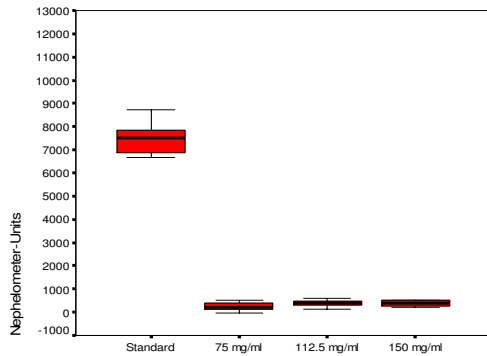


Abb.7 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.7 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000

**5.1.2. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz)**

Bei dem 72-Stunden-Ansatz zeigen sich die gleichen Ergebnisse wie schon bei dem 24-Stunden-Ansatz. Auch hier liegt eine komplette Hemmung des Pilzwachstums vor.

Dies ergeben auch der Mann-Whitney-U-Test und die negative Vitalitätskontrolle.

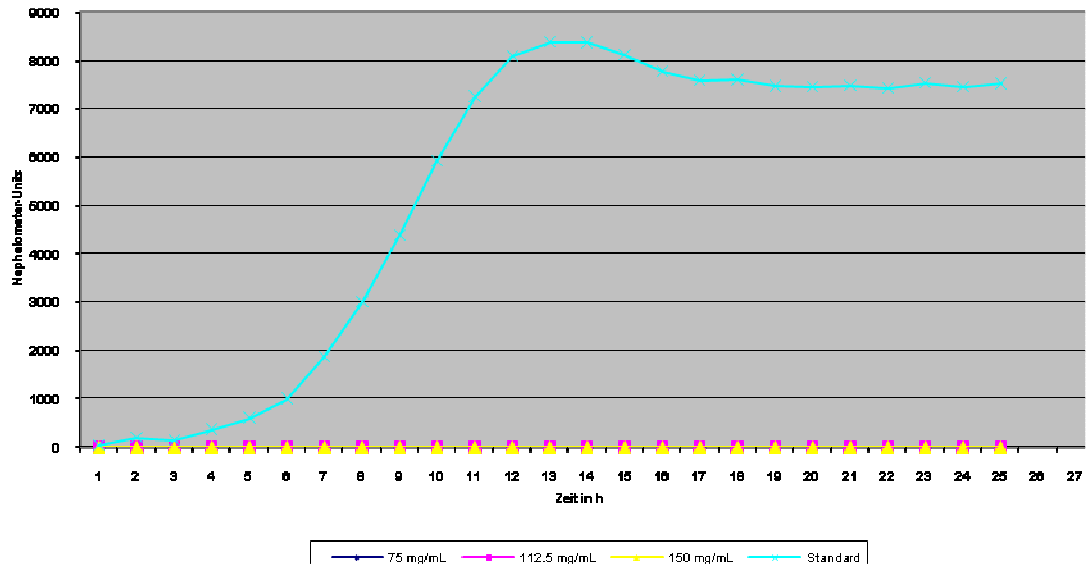


Abb.8 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

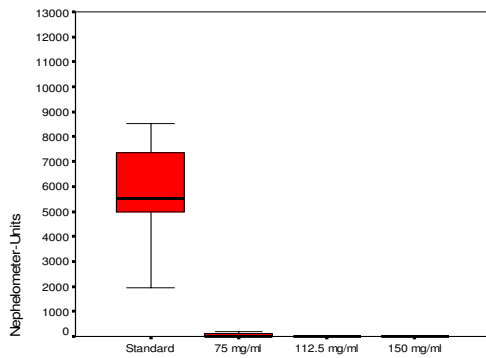


Abb.9 Boxplot nach 10 Stunden

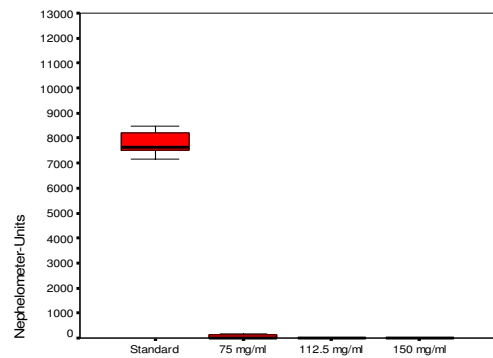


Abb.10 Boxplot nach 16 Stunden

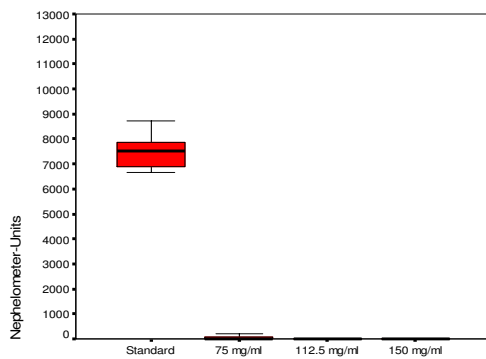


Abb.11 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.8 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000



### 5.1.3. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz)

Anhand der graphischen Darstellungen kann man nicht von einer Hemmung des Pilzwachstums sprechen.

Die Wachstumskurven mit dem Textilextrakt F2 zeigen kaum Unterschiede zur Standardwachstumskurve von *Candida albicans* ohne Inkubation des Textilextrakt.

Dies bestätigt auch der Mann-Whitney-U-Test mit p-Werten von  $> 0.5$ .

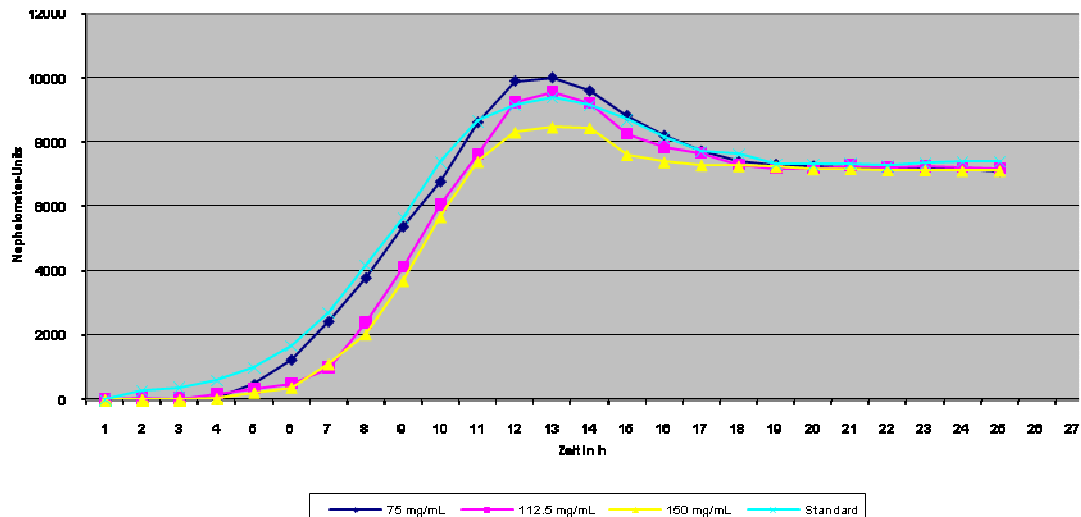


Abb.12 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

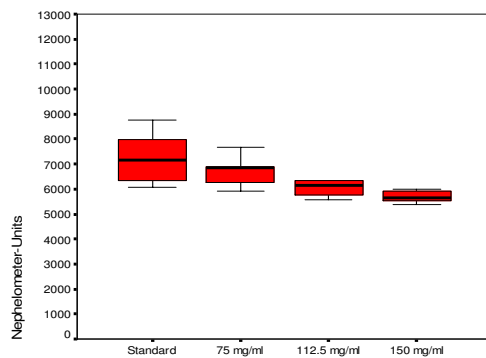


Abb.13 Boxplot nach 10 Stunden

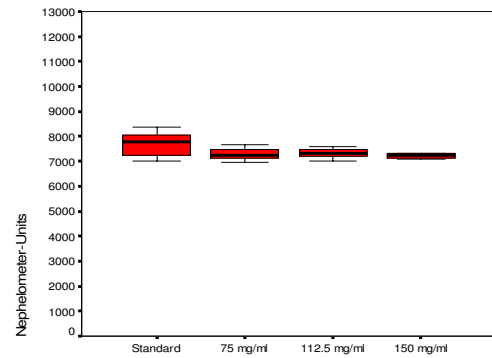


Abb.14 Boxplot nach 16 Stunden

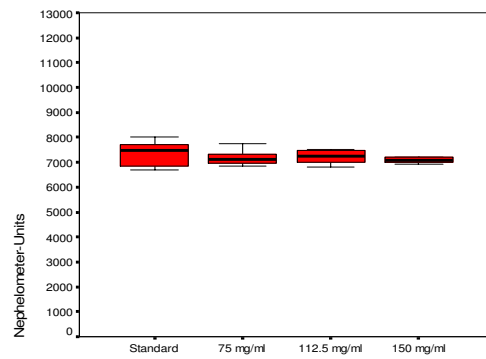


Abb.15 Boxplot nach 20 Stunden

#### 5.1.4. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz)

Analog zum 24-Stunden-Ansatz zeigt sich auch in den graphischen Darstellungen des 72-Stunden-Ansatz keine Hemmung des Pilzwachstums.

Dies wird im Mann-Whitney-U-Test mit p-Werten  $> 0.5$  bestätigt.

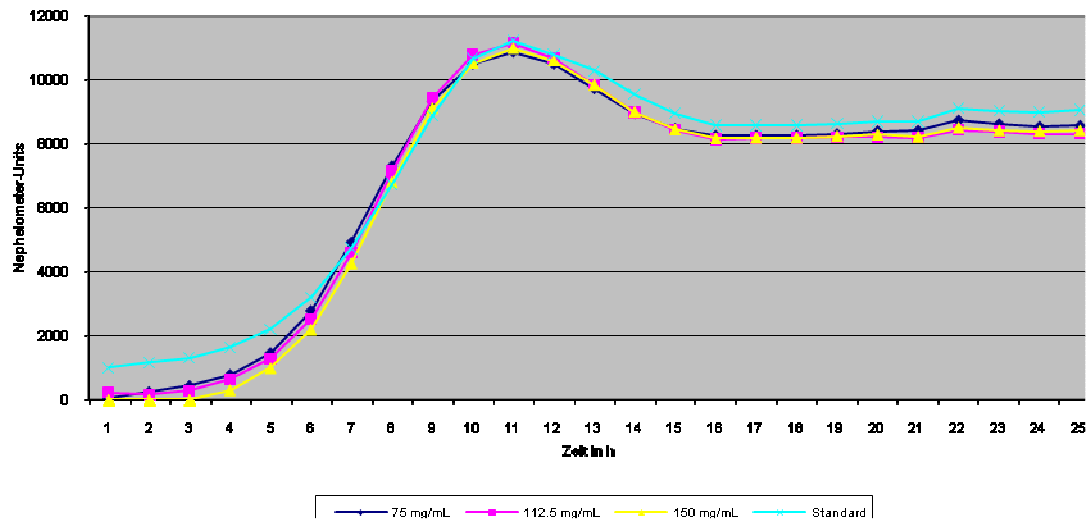


Abb.16 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

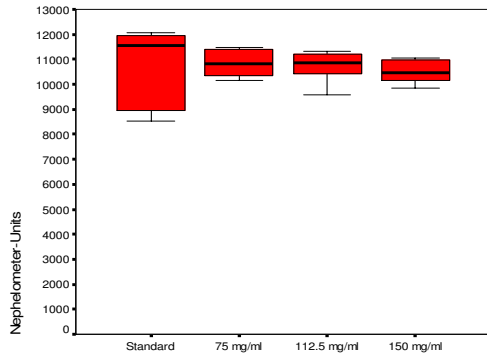


Abb.17 Boxplot nach 10 Stunden

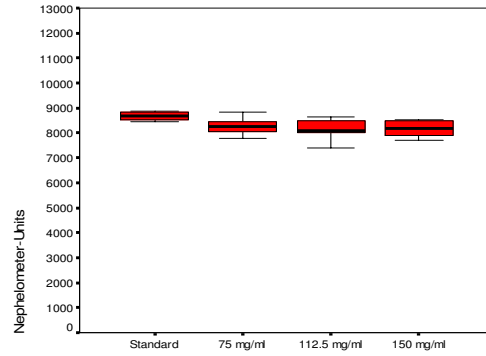


Abb.18 Boxplot nach 16 Stunden

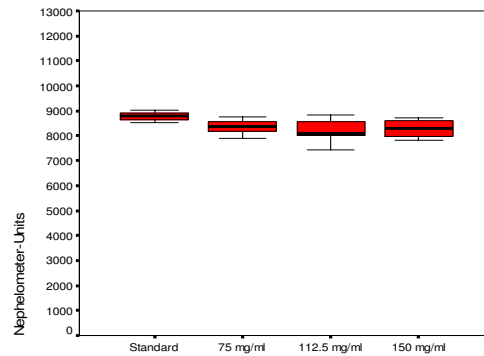


Abb.19 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.1.5. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz)

Die graphischen Darstellungen der Untersuchungsergebnisse unter dem Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) zeigen keine Hemmung des Pilzwachstums.

Dies bestätigen die nicht signifikanten p-Werte ( $> 0.5$ ) im Mann-Whitney-U-Test bei allen drei Konzentrationen.

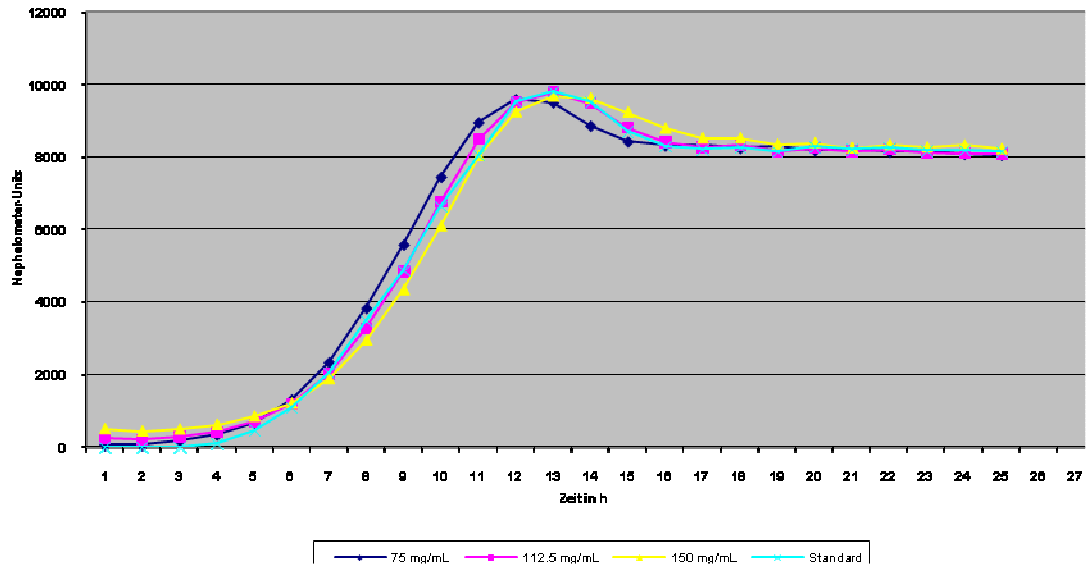


Abb.20 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentration im Diagramm

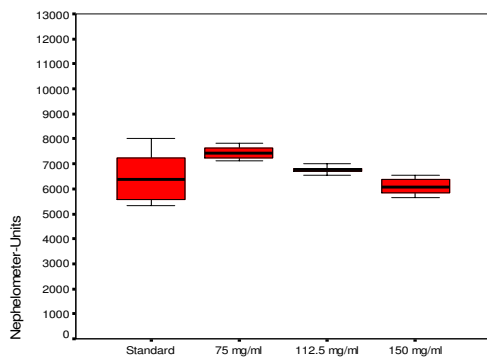


Abb.21 Boxplot nach 10 Stunden

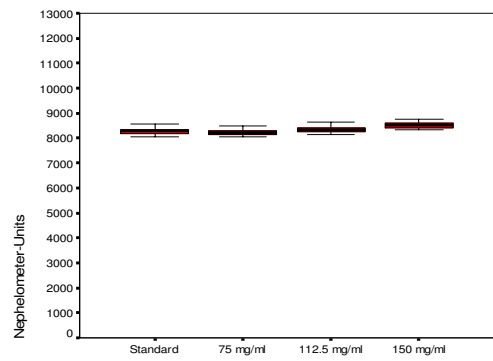


Abb.22 Boxplot nach 16 Stunden

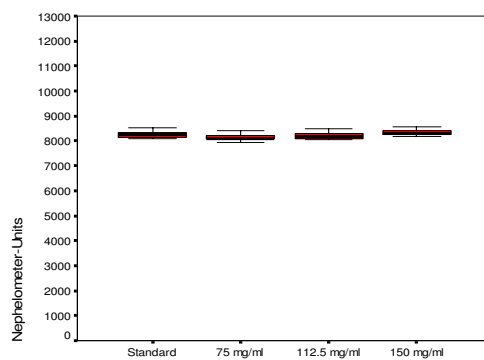


Abb.23 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.1.6. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz)

Analog zum 24-Stunden-Ansatz zeigt sich auch beim 72-Stunden-Ansatz kein Unterschied zur Standardwachstumskurve, was gegen eine Hemmung des Pilzwachstums spricht.

Dies beweist auch der Mann-Whitney-U-Test mit p-Werten  $> 0.5$  bei allen Konzentrationen.

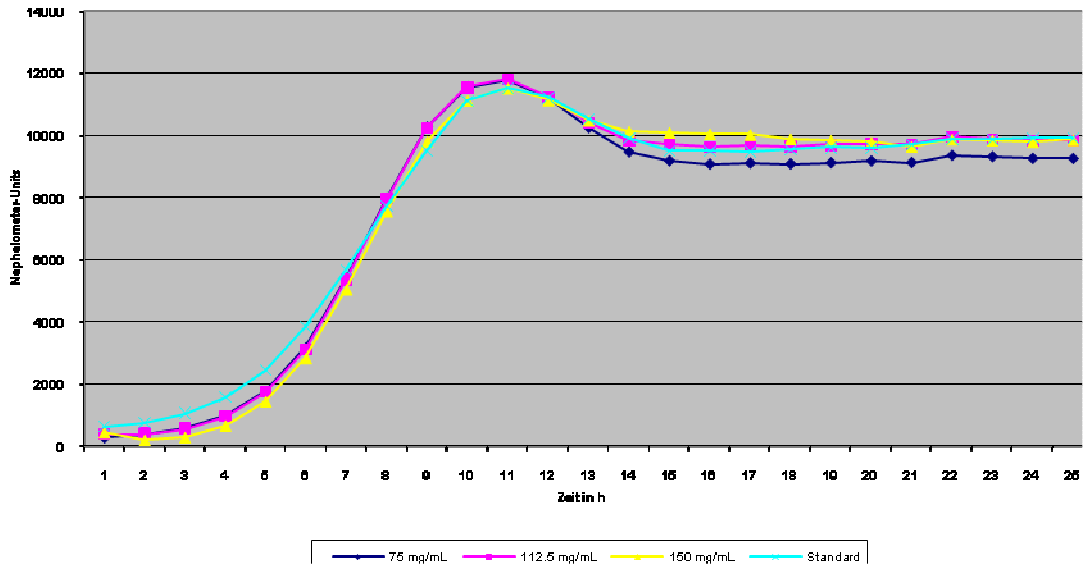


Abb.24 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

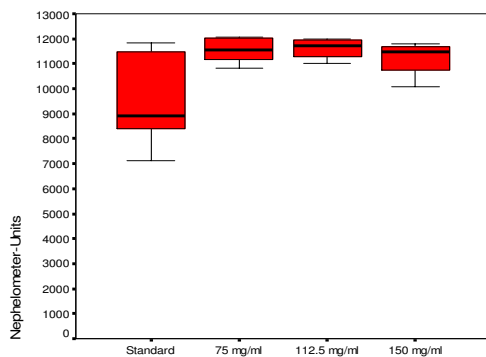


Abb.25 Boxplot nach 10 Stunden

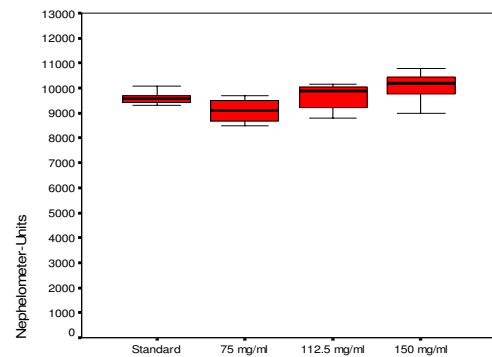


Abb.26 Boxplot nach 16 Stunden

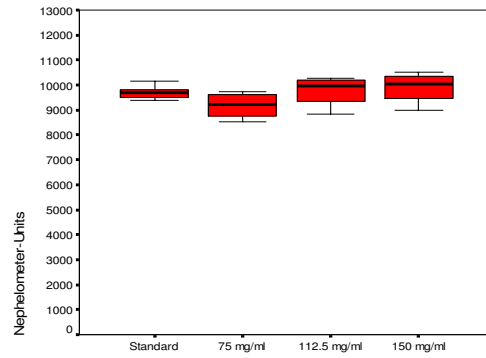


Abb.27 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.1.7. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz)

Der Textilextrakt V1 weist in keiner der drei Konzentrationen einen Unterschied zur Standardwachstumskurve auf. Aus diesem Grund kann man nicht von einer Hemmung des Pilzwachstums sprechen.

Bestätigt wird dies durch p-Werte  $> 0.5$  im Mann-Whitney-U-Test bei allen Konzentrationen.

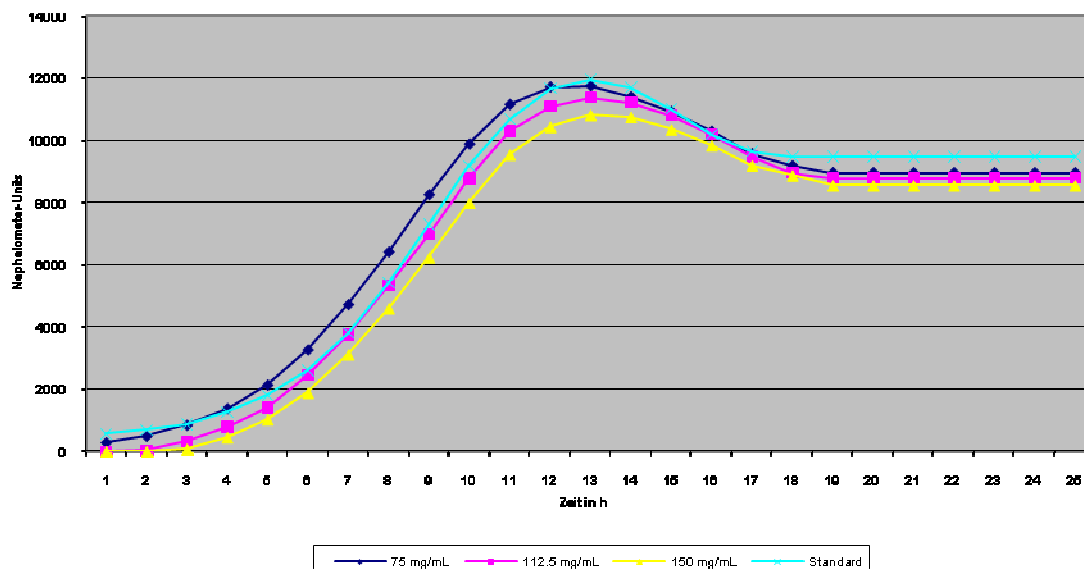


Abb.28 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

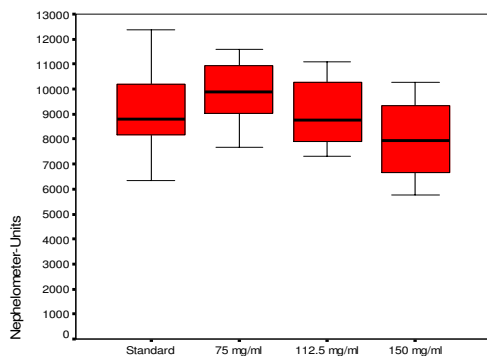


Abb.29 Boxplot nach 10 Stunden

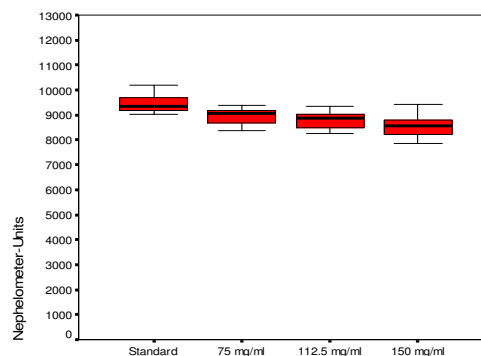


Abb.30 Boxplot nach 16 Stunden

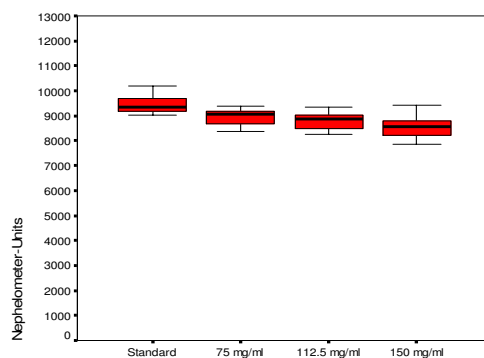


Abb.31 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.1.8. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz)

Bei dem 72-Stunden-Ansatz zeigt sich im Gegensatz zum 24-Stunden-Ansatz eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums, im Sinne eines verzögerten Wachstums, sowohl bei der mittleren Konzentrationen von 112.5 mg/mL als auch bei der höchsten (150 mg/mL).

Diese Hemmung spiegelt sich für die Konzentration von 112.5 mg/mL bei 10 Stunden und für 150 mg/mL bei 10 und 16 Stunden im Mann-Whitney-U-Test wieder.

Für die niedrigste Konzentration von 75 mg/mL liegt keine Hemmung des Pilzwachstums vor.

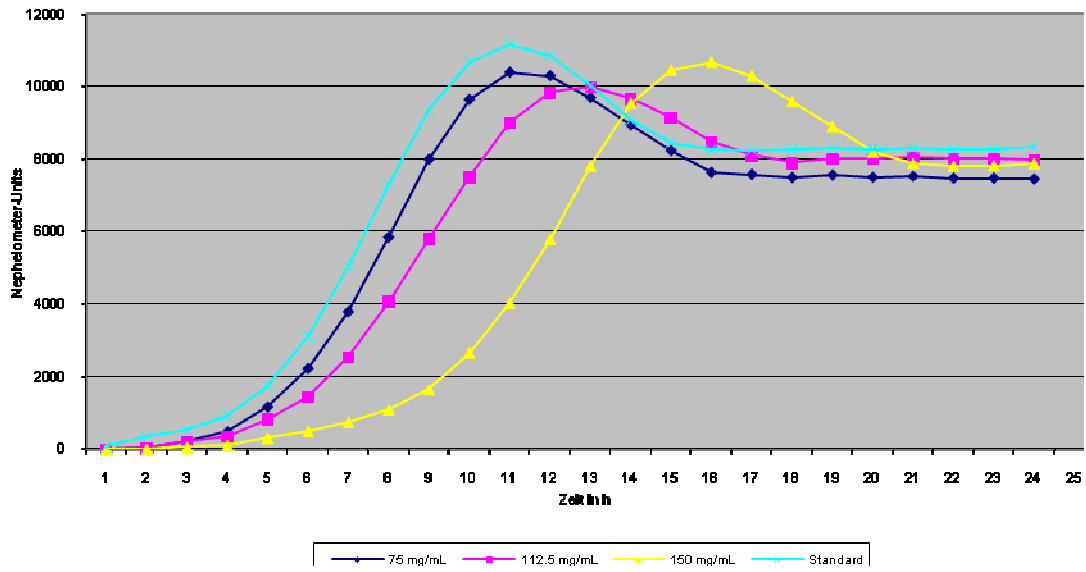


Abb.32 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

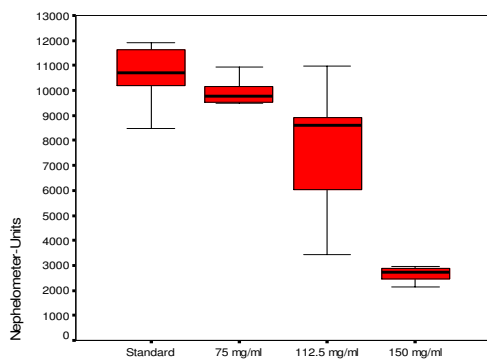


Abb.33 Boxplot nach 10 Stunden

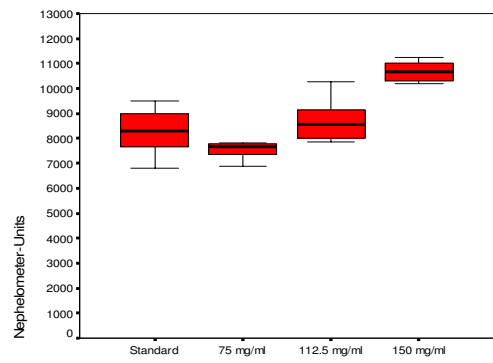


Abb.34 Boxplot nach 16 Stunden



Tab.9 Mann-Whitney-U-Test

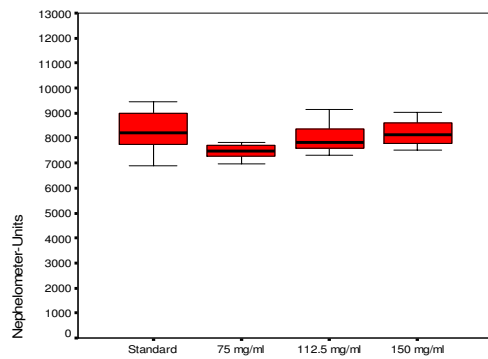


Abb.35 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	42.000	46.000	34.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.019	.032	.006
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.019	.032	.005
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	19.000	72.000	68.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001	.380	.283
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.399	.300
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	79.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.591
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.614

### 5.1.9. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz)

Anhand der graphischen Darstellungen lässt sich bei dem Textilextrakt V2 ein zeitlich versetztes Wachstum feststellen, welches konzentrationsabhängig ist.

Auch hier kann man von einer inkompletten Hemmung des Pilzwachstums sprechen.

Die Hemmung zeigt sich im Mann-Whitney-U-Test für die mittlere Konzentration (112.5 mg/mL) bei 10 Stunden und für die höchste (150 mg/mL) bei 10 und 16 Stunden. Bei der niedrigsten Konzentration (75 mg/mL) zeigt sich keine Hemmung des Pilzwachstums.

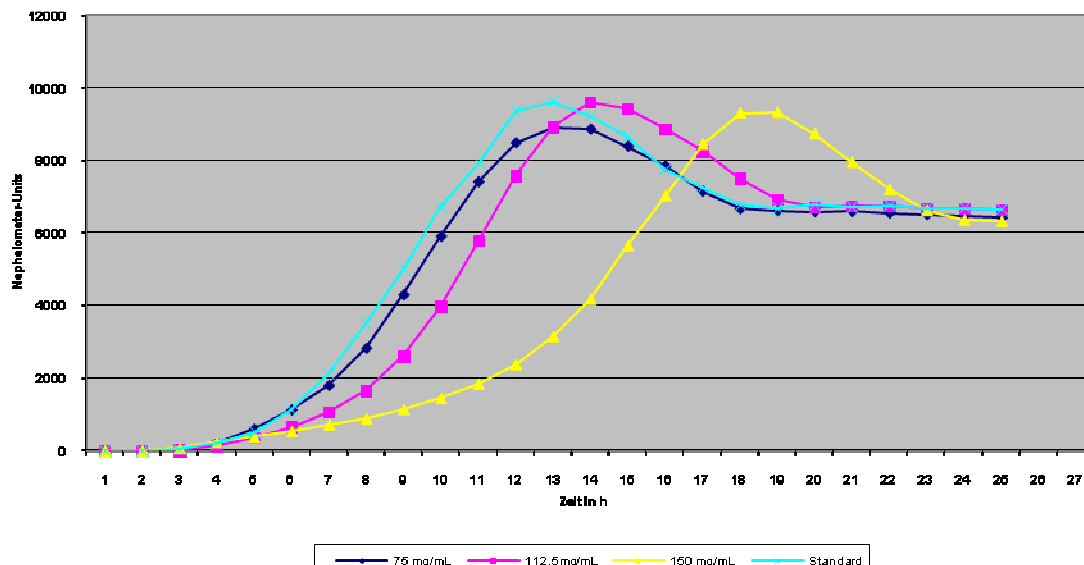


Abb.36 Wachstumskurven *C. albicans* und Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

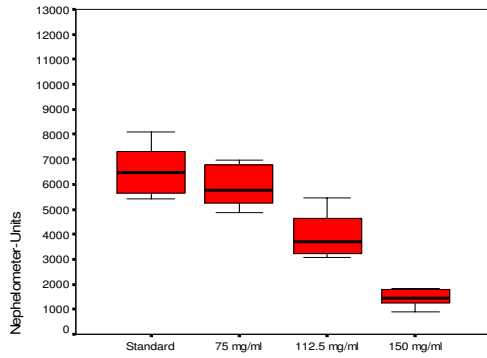


Abb.37 Boxplot nach 10 Stunden

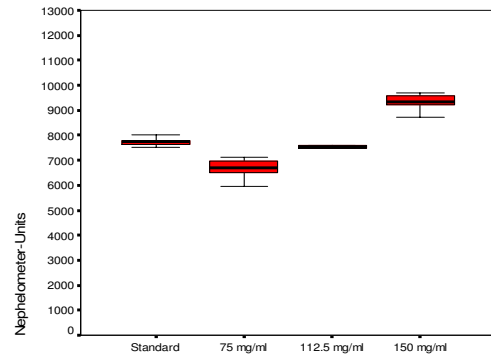


Abb.38 Boxplot nach 16 Stunden

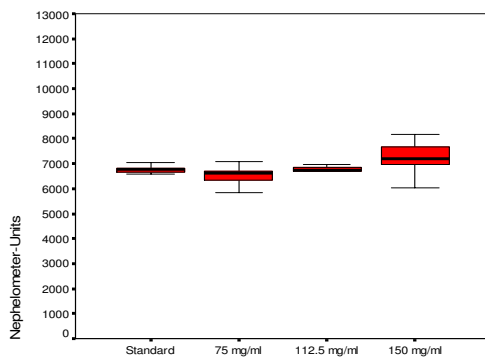


Abb.39 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.10 Mann-Whitney-U-Test

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	36.000	.000	38.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.064	.000	.084
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.069	.000	.091
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	4.000	17.000	66.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.002	1.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.002	1.000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	26.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.014
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.013

**5.1.10. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz)**

Der 72-Stunden-Ansatz zeigt analog zum 24-Stunden-Ansatz das gleiche Bild einer inkompletten Hemmung des Pilzwachstums, welche sich im Sinne eines verzögerten Wachstums darstellt.

Die höchste Konzentration (150 mg/mL) wird am stärksten gehemmt, die niedrigste (75 mg/mL) zeigt keine Hemmung.

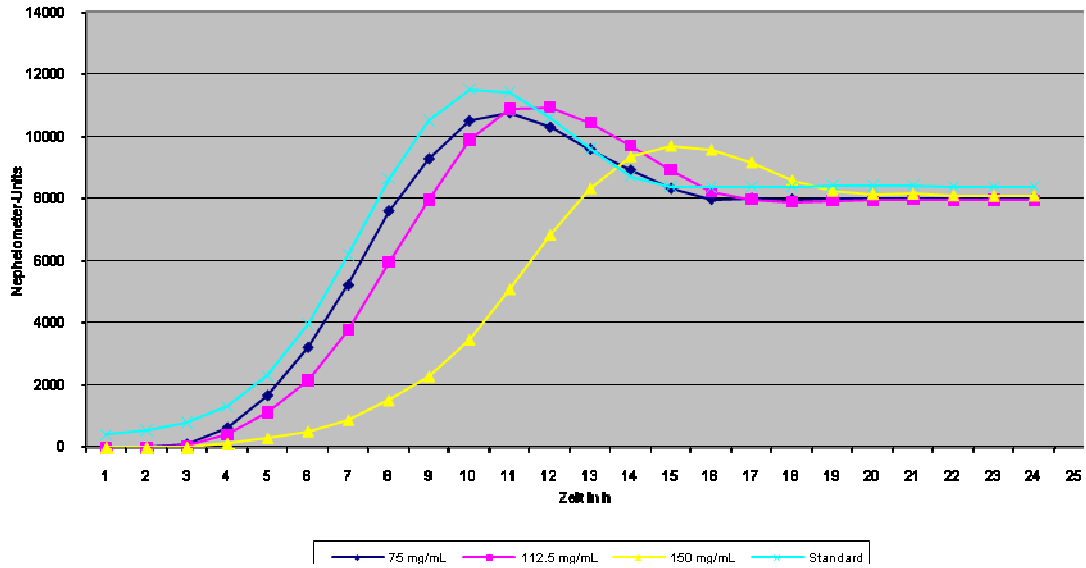


Abb.40 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

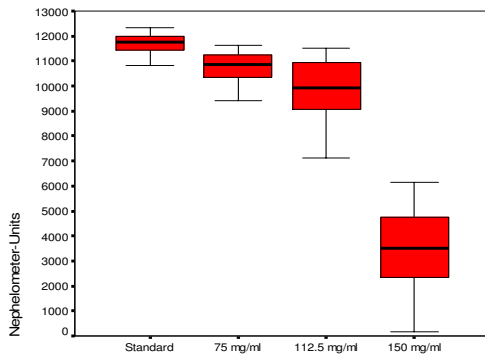


Abb.41 Boxplot nach 10 Stunden

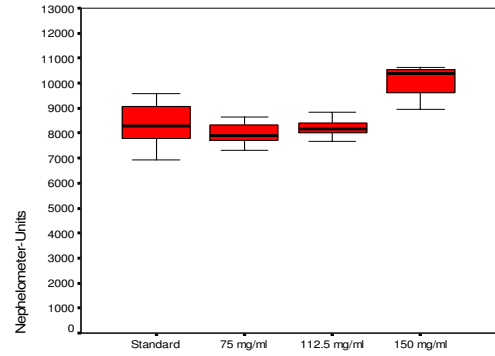


Abb.42 Boxplot nach 16 Stunden

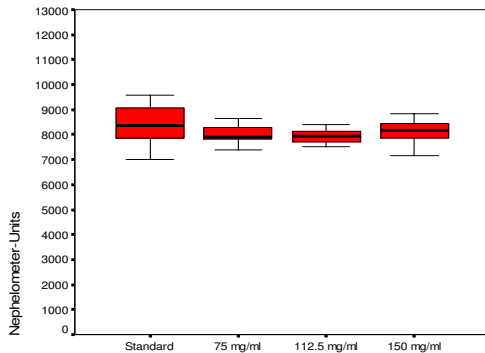


Abb.43 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.11 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	27.000	64.000	61.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.002	.205	.157
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.001	.217	.167
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	20.000	81.000	58.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.001	.661	.118
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.683	.126
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	19.000	70.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.001	.329
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.347

### 5.1.11. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz)

In den graphischen Darstellungen zeigt sich für die geringste Konzentration (75 mg/mL) das Bild einer inkompletten Hemmung des Pilzwachstums, welche sich im Sinne eines verzögerten Wachstums darstellt.

Bei den anderen zwei Konzentrationen wird das Pilzwachstum komplett gehemmt.

Diese bestätigt sich im Mann-Whitney-U-Test und in der negativen Vitalitätskontrolle.

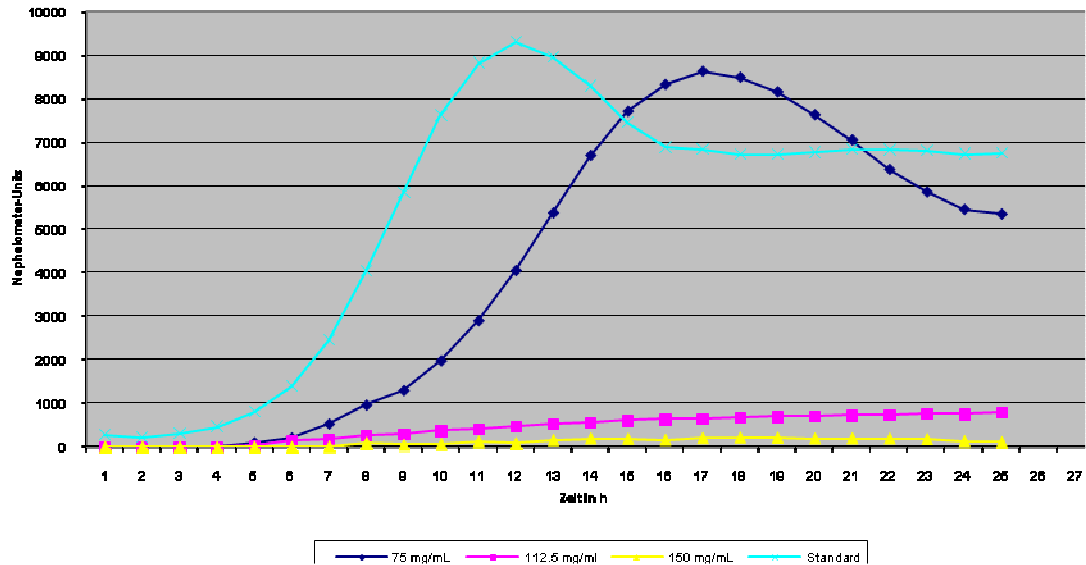


Abb.44 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

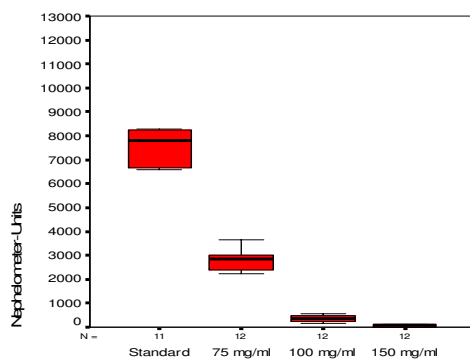


Abb.45 Boxplot nach 10 Stunden

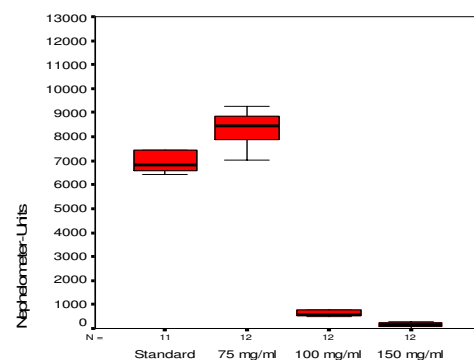


Abb.46 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.12 Mann-Whitney-U-Test

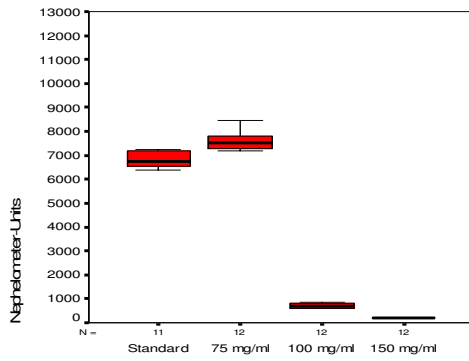


Abb.47 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
100 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.1.12. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz)

Analog zum 24-Stunden-Ansatz zeigt sich für die niedrigste Konzentration (75 mg/mL) eine inkomplette Hemmung und für die anderen zwei Konzentrationen eine komplette Hemmung des Pilzwachstums, was im Mann-Whitney-U-Test und in der Vitalitätskontrolle bestätigt wurde.

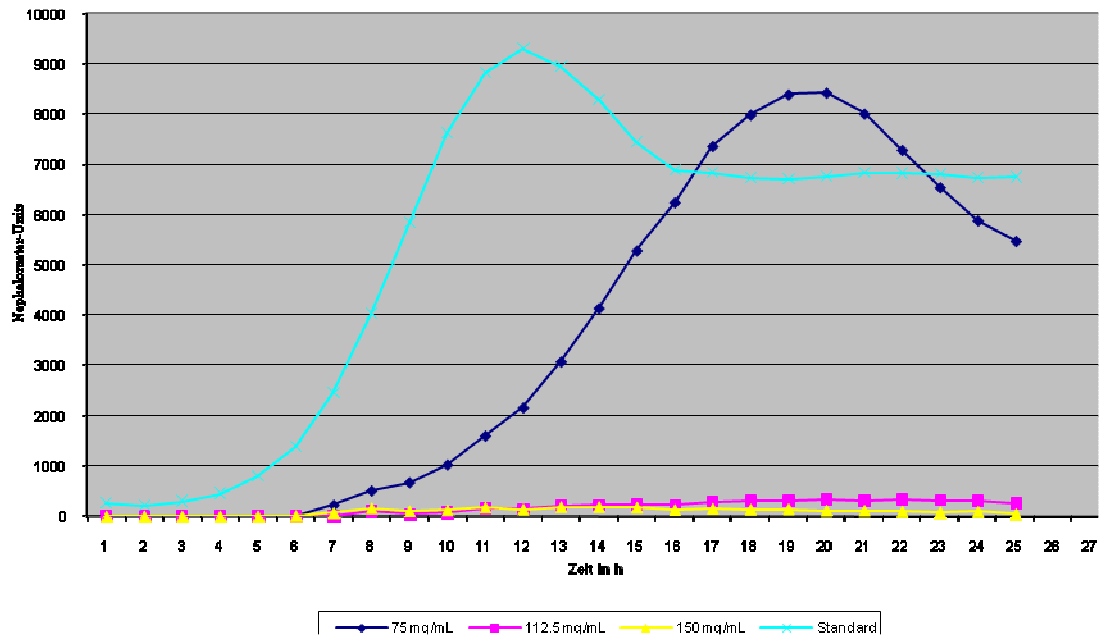


Abb.48 Wachstumskurven *C. albicans* (DSM 11225) und Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

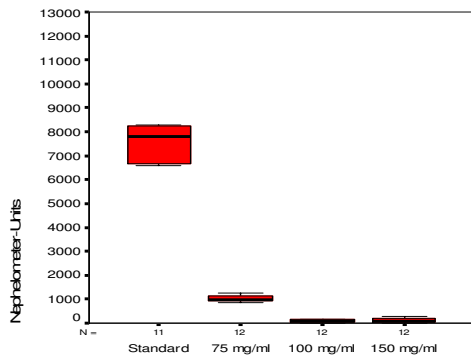


Abb.49 Boxplot nach 10 Stunden

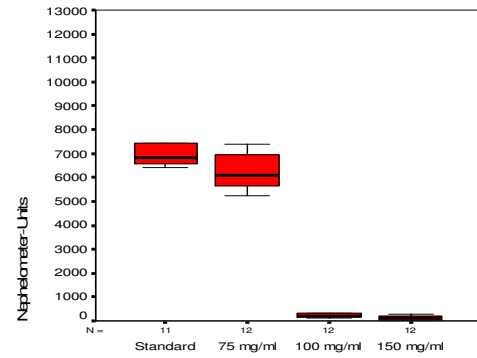


Abb. 50 Boxplot nach 16 Stunden

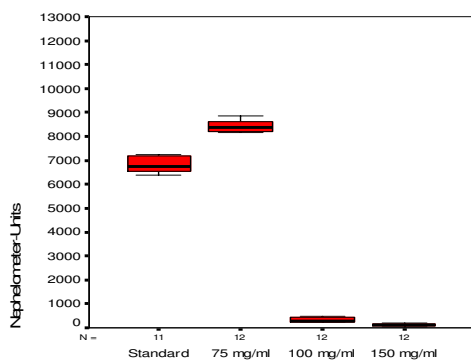


Abb.51 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.13 Mann-Whitney-U-Test

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
100 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

## 5.2. Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von *Candida krusei* (ATCC 1169) mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers

### 5.2.1. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz)

Die Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 zeigen in den graphischen Darstellungen das Bild einer kompletten Hemmung des Pilzwachstums in allen drei Konzentrationen.

Dies bestätigt sich im Mann-Whitney-U-Test für jede der drei Konzentrationen zu jedem Zeitpunkt. Ebenso fiel die Vitalitätskontrolle negativ aus.

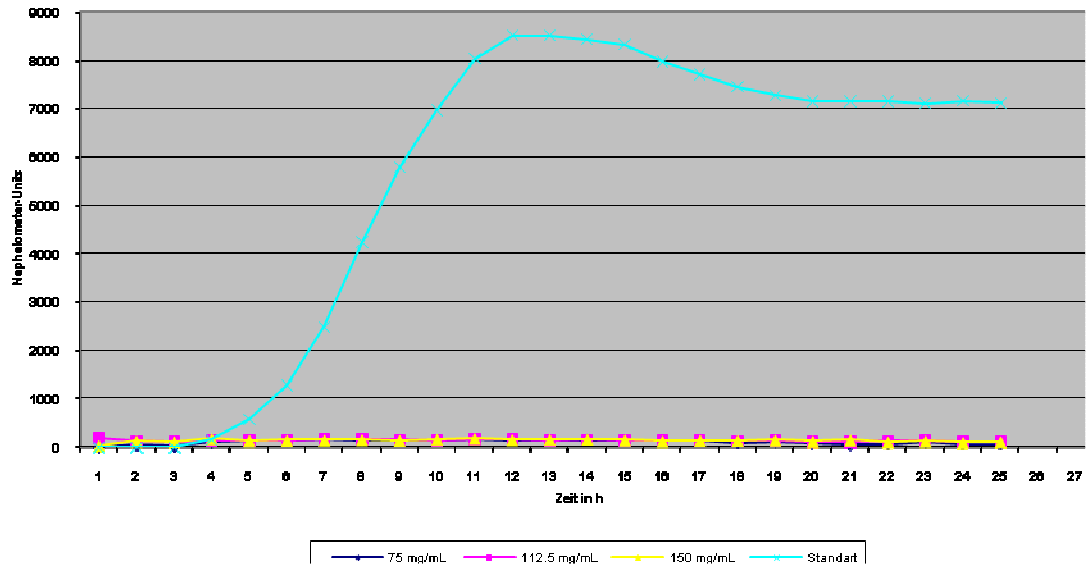


Abb. 52 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

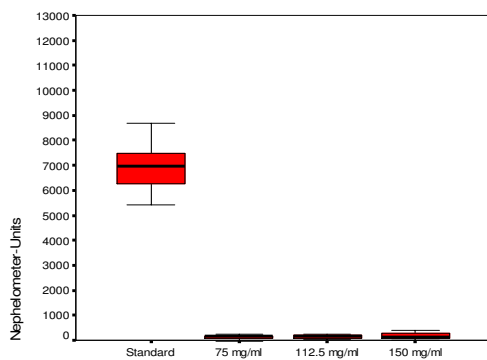


Abb.53 Boxplot nach 10 Stunden

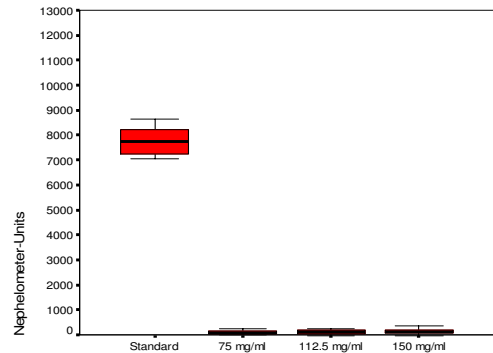


Abb.54 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.14 Mann-Whitney-U-Test

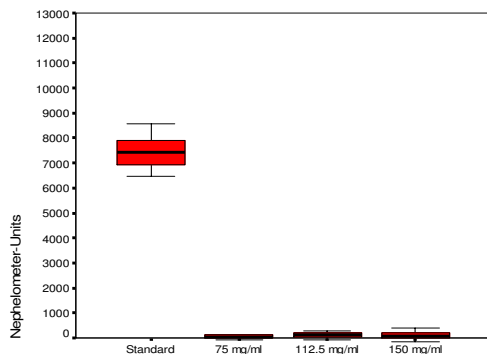


Abb.55 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000

### 5.2.2. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz)

Bei dem 72-Stunden-Ansatz zeigt sich das gleiche Bild wie bei dem Ansatz über 24 Stunden. Auch hier ergaben die Untersuchungen eine komplette Hemmung des Pilzwachstums. Dies zeigt sich auch im Mann-Whitney-U-Test und in der negativen Vitalitätskontrolle.

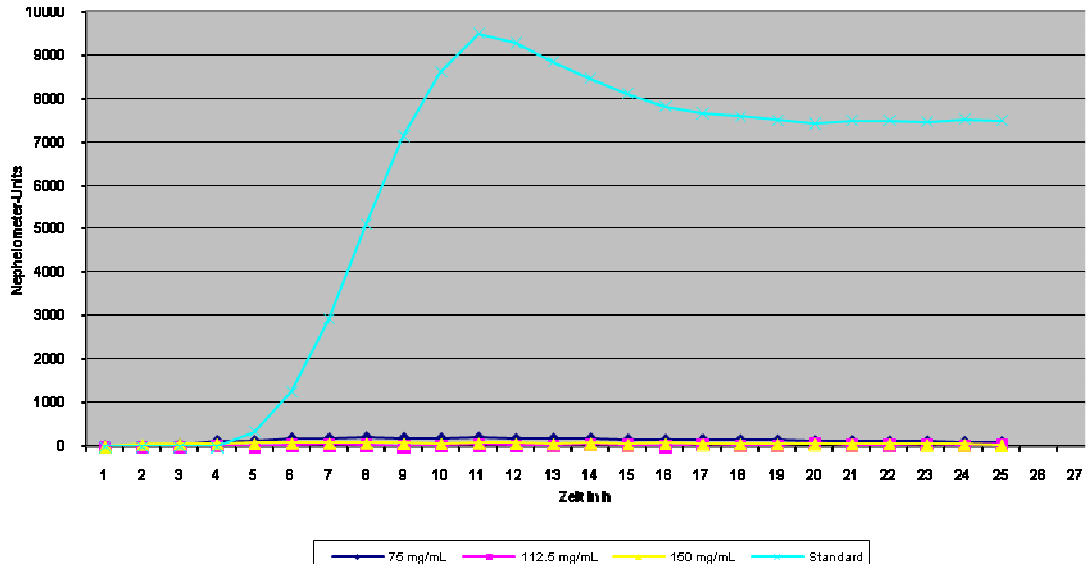


Abb.56 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

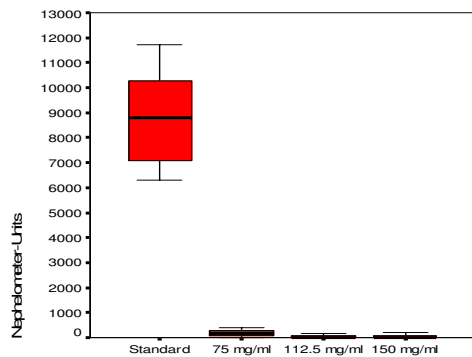


Abb.57 Boxplot nach 10 Stunden

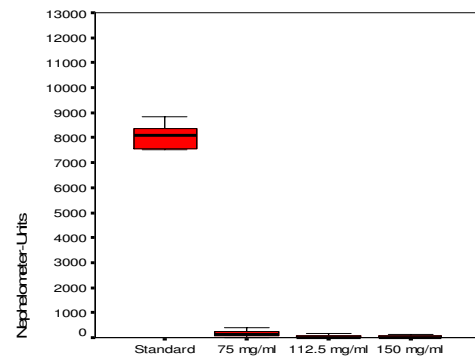


Abb.58 Boxplot nach 16 Stunden



Tab.15 Mann-Whitney-U-Test

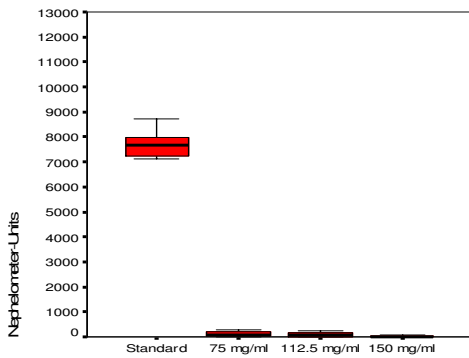


Abb.59 Boxplot nach 20 Stunden

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.2.3. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz)

Da die Wachstumskurven mit Textilextrakt F2 kaum Unterschiede zur Standardwachstumskurve zeigen, kann man nicht von einer Hemmung des Pilzwachstums sprechen, was sich auch in den anderen Darstellungen zeigt.

Der Mann-Whitney-U-Test ist mit p-Werten  $> 0.5$  für alle drei Konzentrationen nicht signifikant.

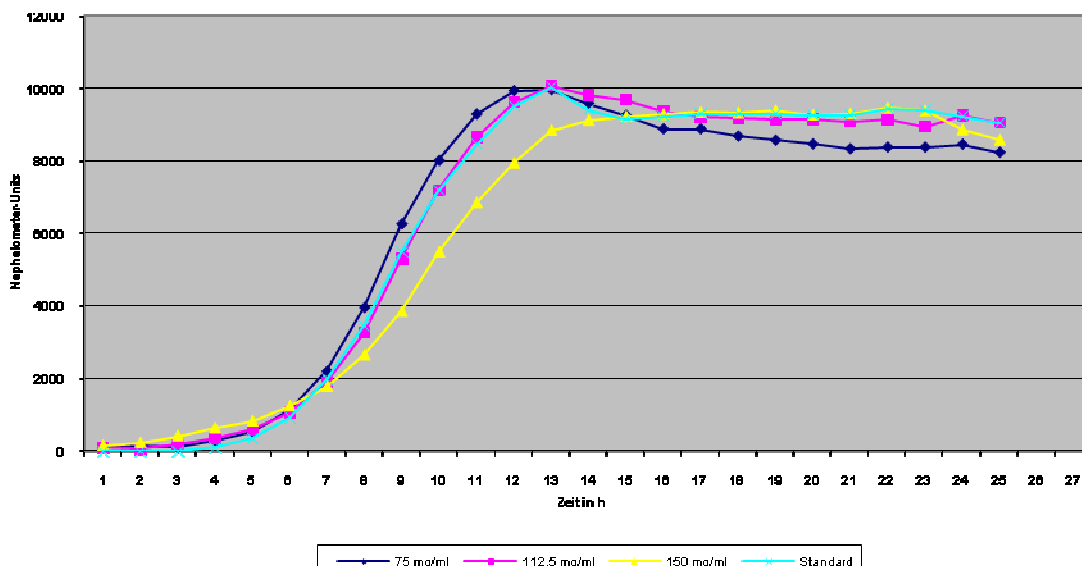


Abb.60 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

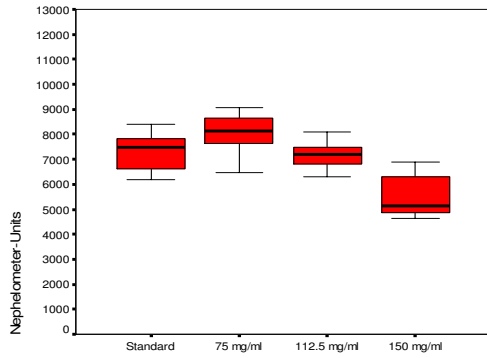


Abb.61 Boxplot nach 10 Stunden

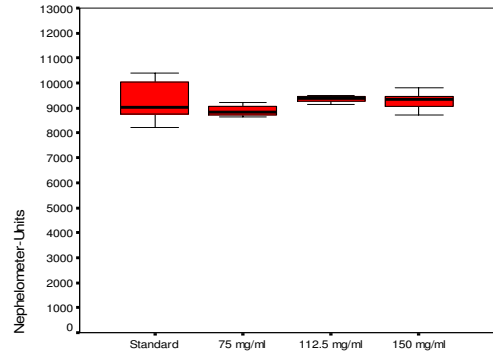


Abb.62 Boxplot nach 16 Stunden

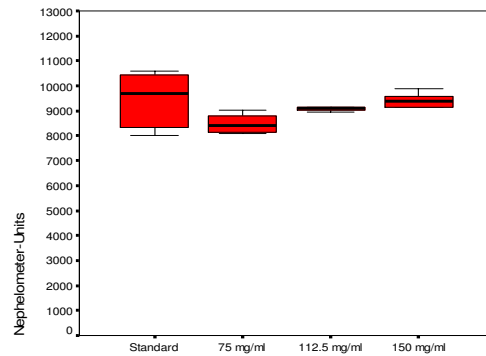


Abb.63 Boxplot nach 20 Stunden

#### 5.2.4. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz)

Analog zum 24-Stunden-Ansatz zeigt sich in den graphischen Darstellungen des 72-Stunden-Ansatzes keine Hemmung des Pilzwachstums.

Der Mann-Whitney-U-Test zeigt keine Signifikanz (p-Werte > 0.5).

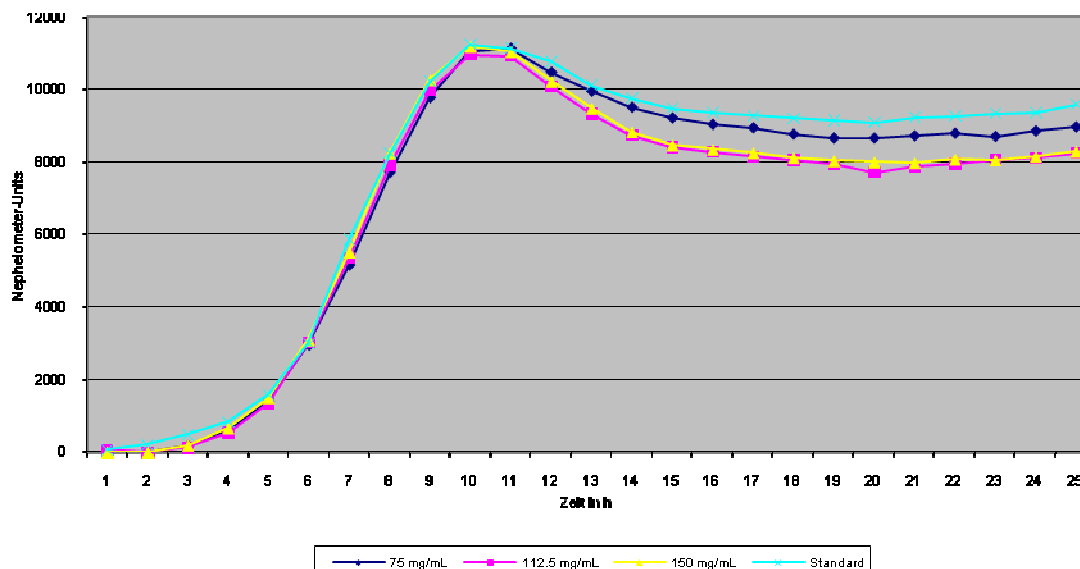


Abb.64 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

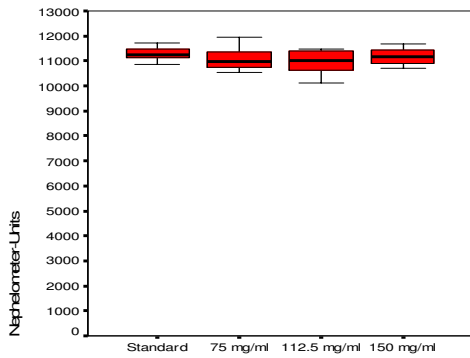


Abb.65 Boxplot nach 10 Stunden

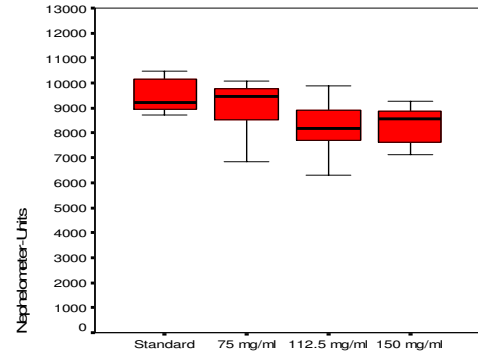


Abb.66 Boxplot nach 16 Stunden

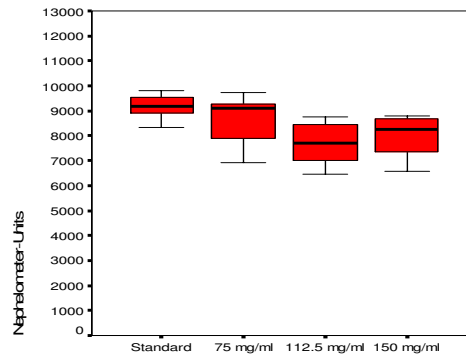


Abb.67 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.2.5. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz)

Die Wachstumskurven mit Textilextrakt F3 weisen kaum Unterschiede zur Standardwachstumskurve auf, es liegt keine Hemmung des Pilzwachstums vor.

(Mann-Whitney-U-Test: p-Werte > 0.5)

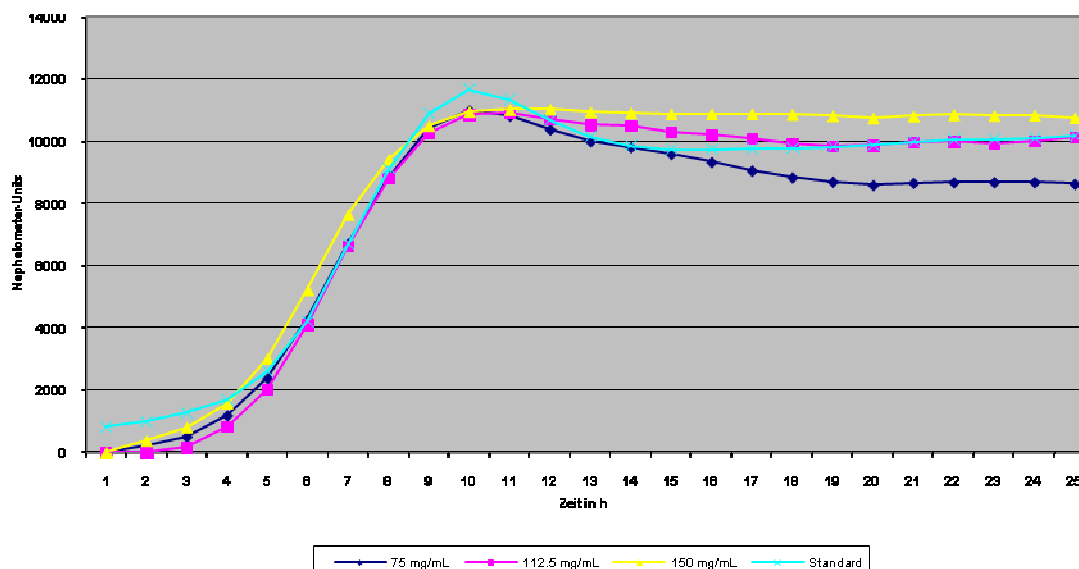


Abb.68 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

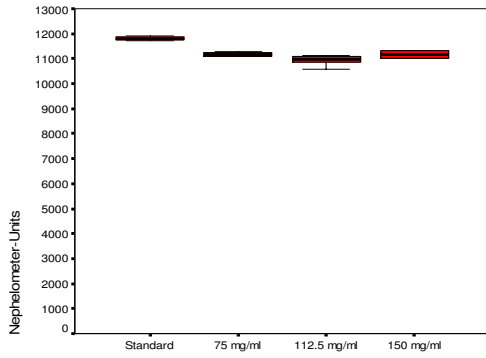


Abb.69 Boxplot nach 10 Stunden

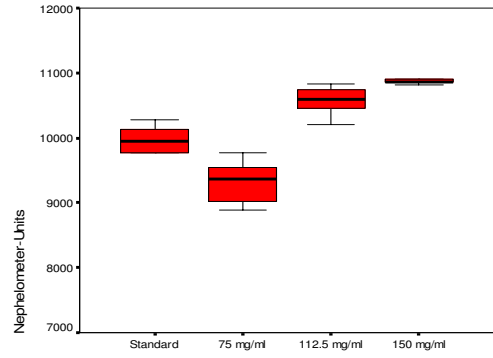


Abb.70 Boxplot nach 16 Stunden

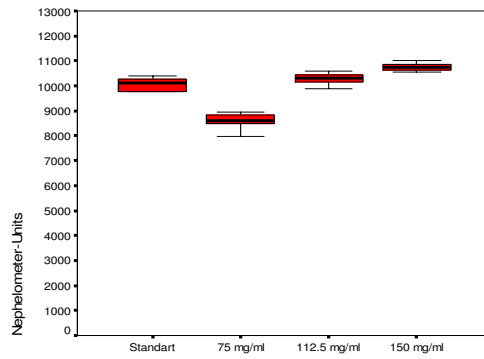


Abb.71 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.2.6. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz)

Analog zum 24-Stunden-Ansatz zeigen sich beim 72-Stunden-Ansatz keine Zeichen die für eine Hemmung des Pilzwachstums sprechen würden. (Mann-Whitney-U-Test: p-Werte > 0.5)

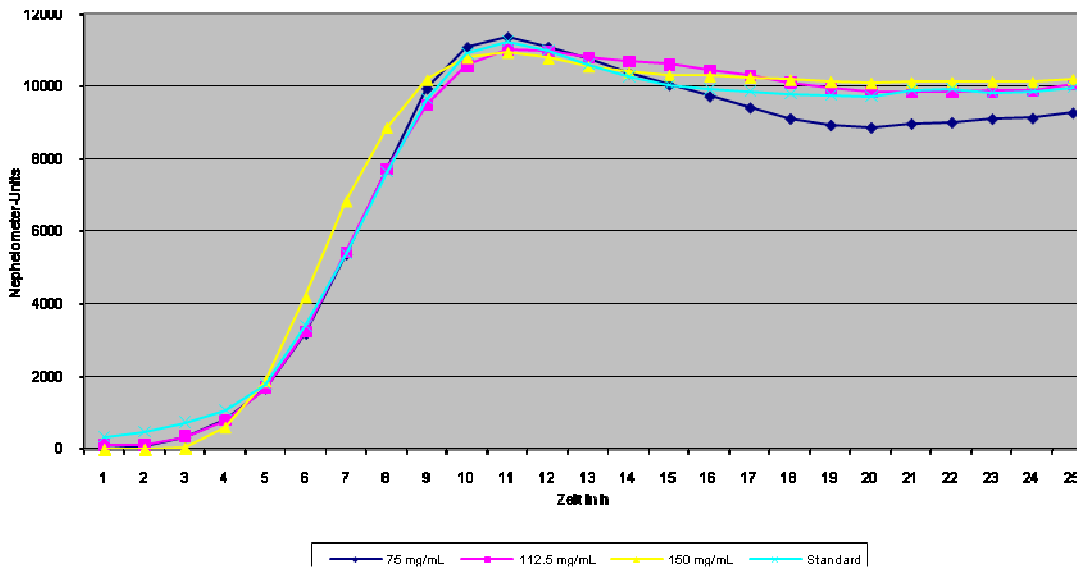


Abb.72 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

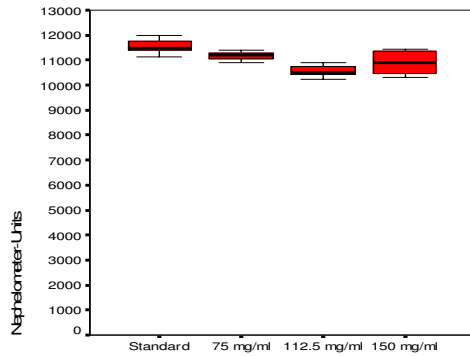


Abb.73 Boxplot nach 10 Stunden

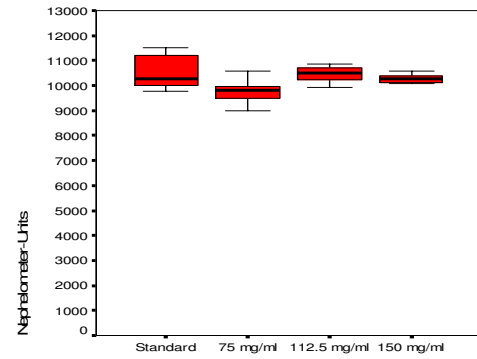


Abb.74 Boxplot nach 16 Stunden

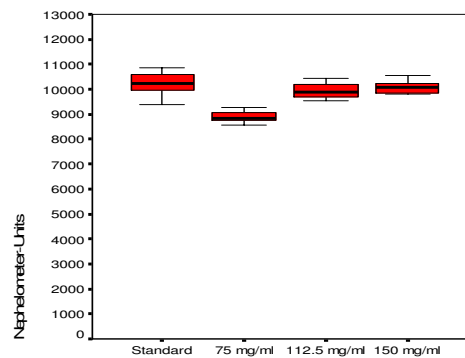


Abb.75 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.2.7. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz)

Anhand der graphischen Darstellungen lässt sich bei Textilextrakt V1 ein zeitlich versetztes Pilzwachstum feststellen, welches konzentrationsabhängig ist.

Hier kann man von einer inkompletten Hemmung des Pilzwachstums sprechen, wobei die Hemmung für die höchste Konzentration am deutlichsten ist und auch am längsten anhält.

Die Hemmung zeigt sich auch im Mann-Whitney-U-Test, allerdings darf anhand der deutlichen Signifikanz in allen Konzentrationen nicht nur dieser Test isoliert betrachtet werden, sondern nur in Bezug auf die graphischen Darstellungen.

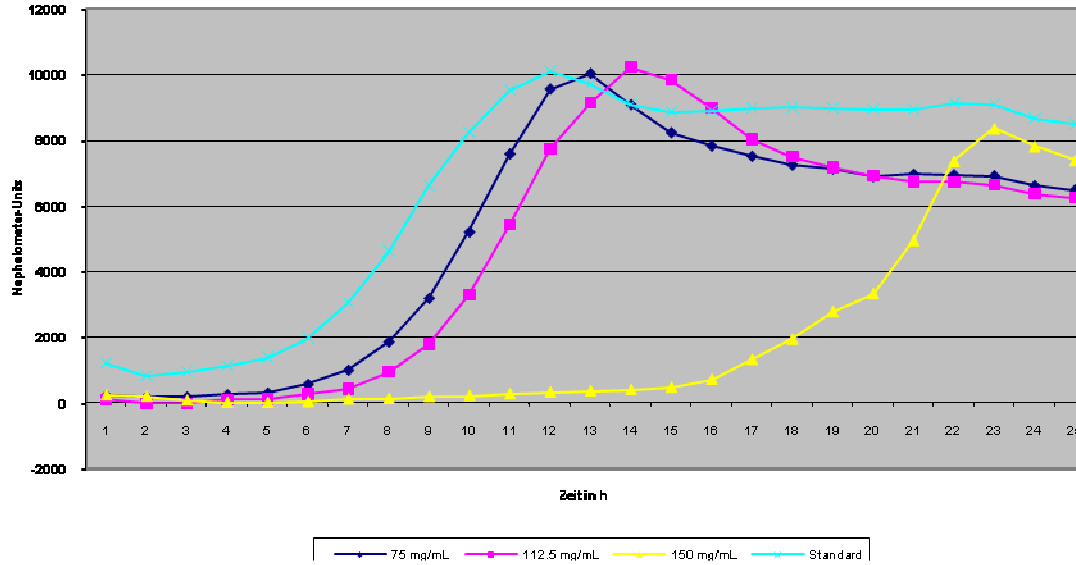


Abb.76 Wachstumskurven *C. krusei*(ATCC 1169) und Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

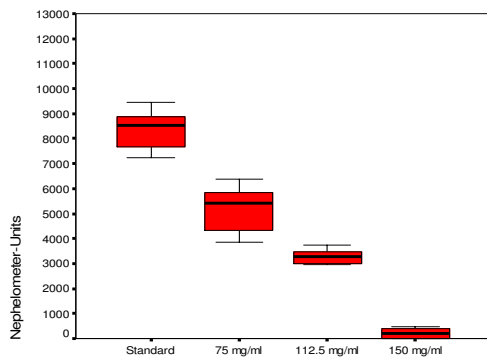


Abb.77 Boxplot nach 10 Stunden

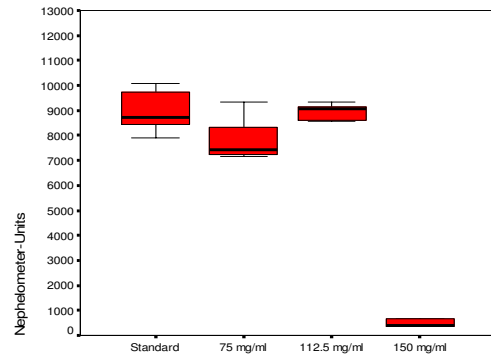


Abb.78 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.16 Mann-Whitney-U-Test

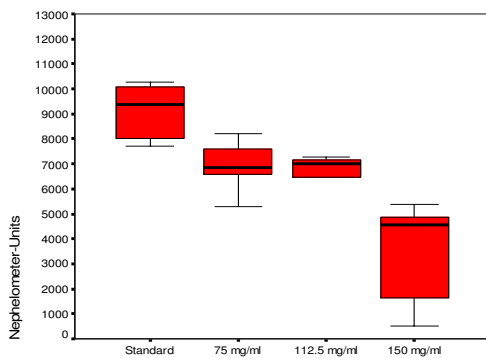


Abb.79 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	18.000	8.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.003	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.002	.000
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	60.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.711	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.740	.000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000

### 5.2.8. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz)

Analog zum 24-Stunden-Ansatz zeigt sich eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums, die bei der höchsten Konzentration deutlicher ausgeprägt ist als im 24-Stunden-Ansatz.

Das Pilzwachstum setzt erst sehr spät ein.

Im Mann-Whitney-U-Test wird dies bestätigt, wobei wieder eine gleichzeitige Betrachtung mit den graphischen Darstellungen notwendig ist.

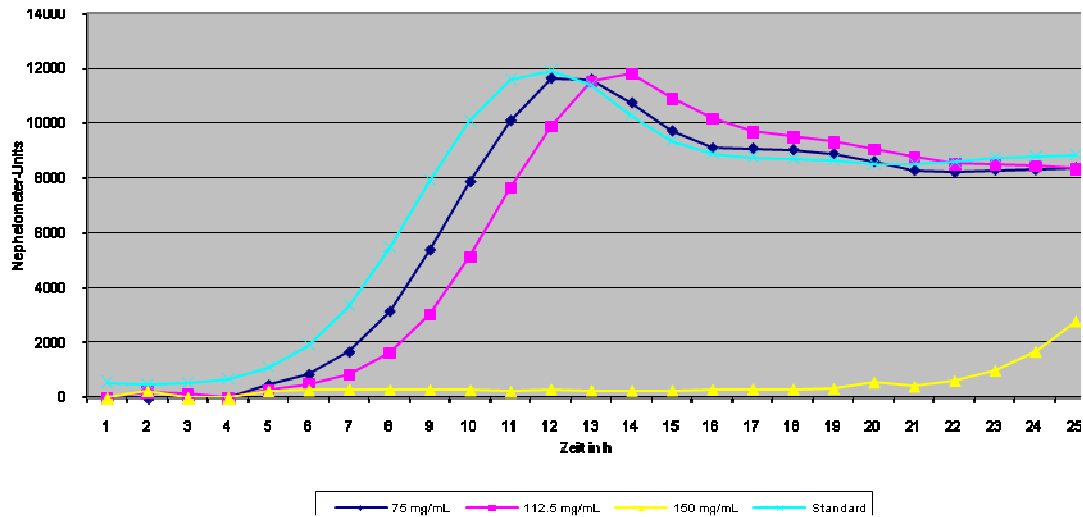


Abb.80 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

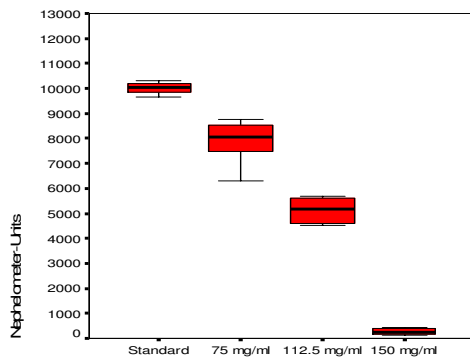


Abb.81 Boxplot nach 10 Stunden

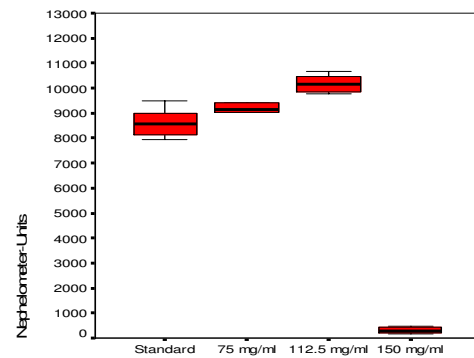


Abb.82 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.17 Mann-Whitney-U-Test

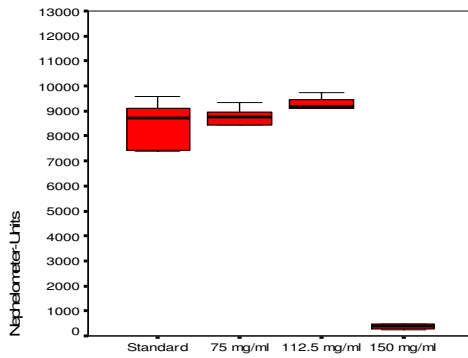


Abb.83 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	40,000	64,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,109	,902
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,118	,928
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	34,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,048
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,051
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.2.9. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz)

Anhand der graphischen Darstellungen lässt sich bei Textilextrakt V2 ein zeitlich verzögertes Wachstum in allen drei Konzentrationen feststellen, welches bei der höchsten Konzentration am deutlichsten ausgeprägt ist.

Dies spricht für eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums, was sich im Mann-Whitney-U-Test für alle drei Konzentrationen zeigt.

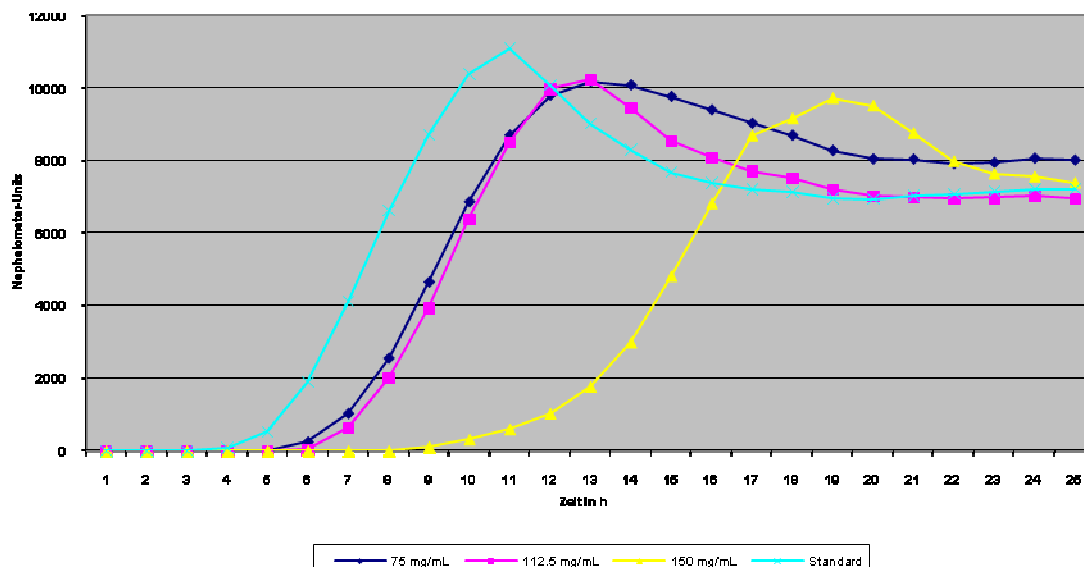


Abb.84 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm



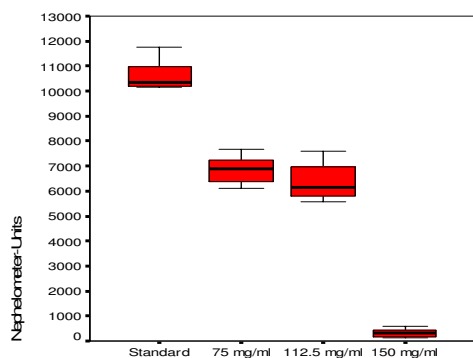


Abb.85 Boxplot nach 10 Stunden

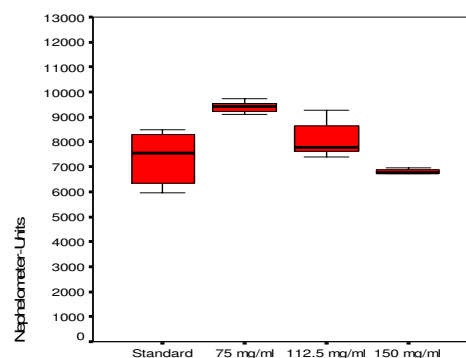


Abb.86 Boxplot nach 16 Stunden

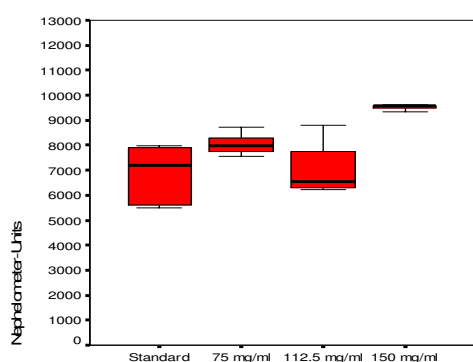


Abb.87 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.18 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	20,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,005
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,004
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	38,000	64,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,084	,902
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,091	,928
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	48,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,266	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,288	,000

### 5.2.10. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz)

Die Untersuchungen zeigen auch hier eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums, wobei sich dies bei der höchsten Konzentration im 72-Stunden-Ansatz ausgeprägter zeigt als im 24-Stunden-Ansatz.

Der Mann-Whitney-U-Test bestätigt die Hemmung für die Konzentrationen von 75 mg/mL und 112.5 mg/mL bei 10 Stunden und für 150 mg/mL zu allen drei Zeitpunkten.

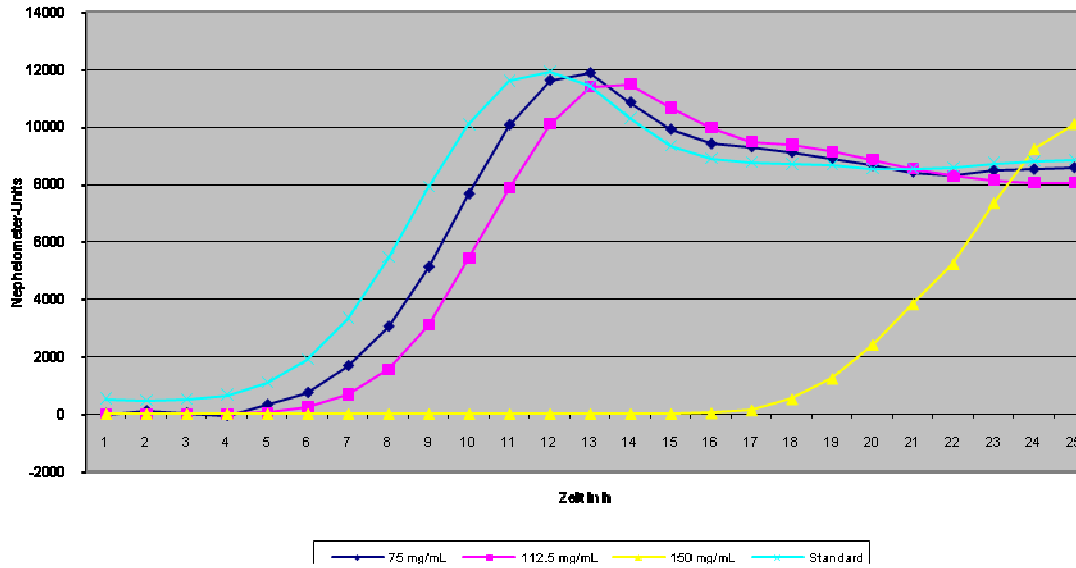


Abb.88 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

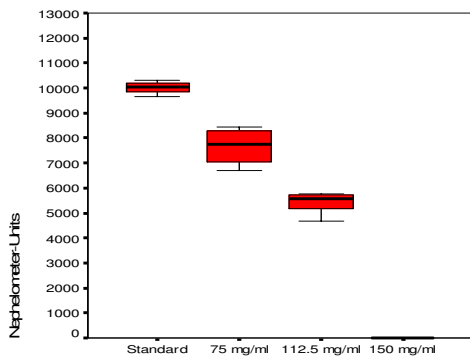


Abb.89 Boxplot nach 10 Stunden

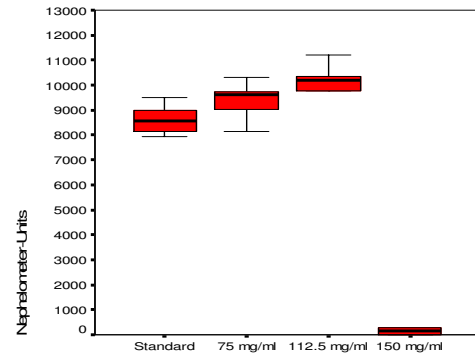


Abb.90 Boxplot nach 16 Stunden

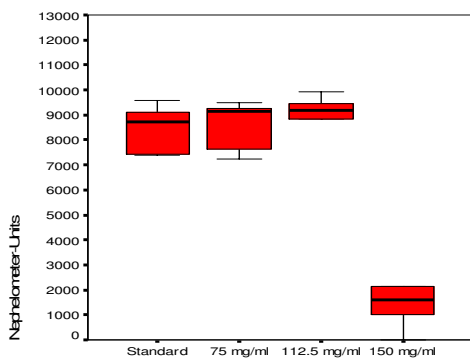


Abb.91 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.19 Mann-Whitney-U-Test

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	24,000	56,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,010	,537
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,009	,566
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	18,000	46,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,003	,217
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,002	,235
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	8,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.2.11. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz)

Die Untersuchungen ergeben eine deutliche Wachstumsverzögerung für die Konzentrationen von 75 mg/mL und 112.5 mg/mL im Sinne einer inkompletten Hemmung des Pilzwachstums, sowie eine komplette Hemmung für 150 mg/mL.

Dies zeigt sich im Mann-Whitney-U-Test für die Konzentrationen von 75 bzw. 112.5 mg/mL bei 10 Stunden und für 150 mg/mL zu allen drei Zeitpunkten.

Die Vitalitätskontrolle für 150 mg/ml fiel negativ aus.

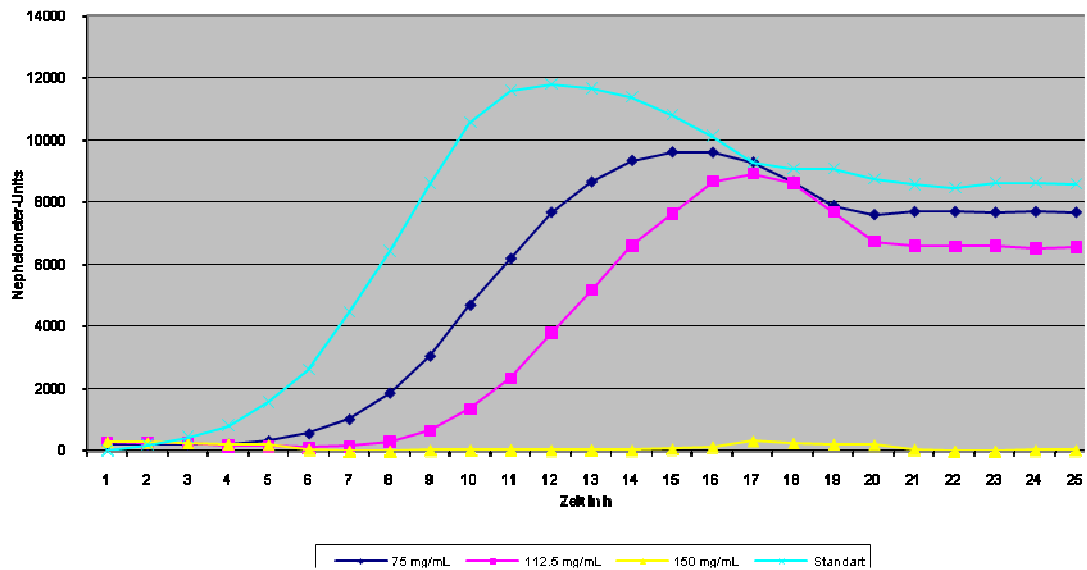


Abb.92 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

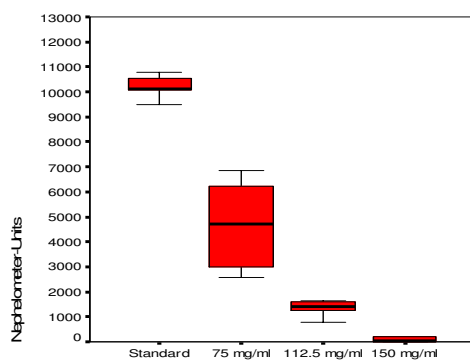


Abb.93 Boxplot nach 10 Stunden

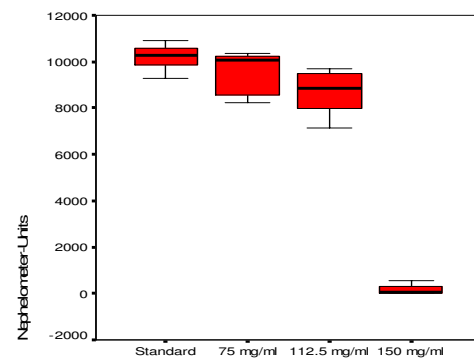


Abb.94 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.20 Mann-Whitney-U-Test

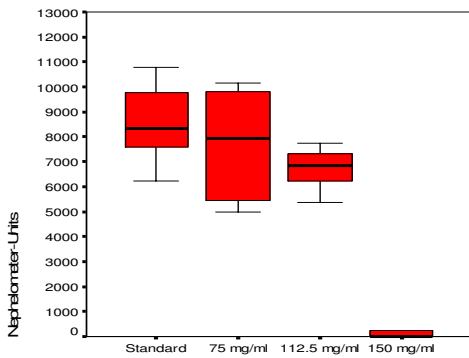


Abb.95 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	36,000	48,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,064	,267
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,069	,288
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	4,000	14,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,001
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,001
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.2.12. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz)

Die Untersuchungen zum Einfluss von Elitex im 72-Stunden-Ansatz zeigen das gleiche Bild wie der 24-Stunden-Ansatz.

Die Vitalitätsprüfung für die Konzentration von 150 mg/mL fiel negativ aus.

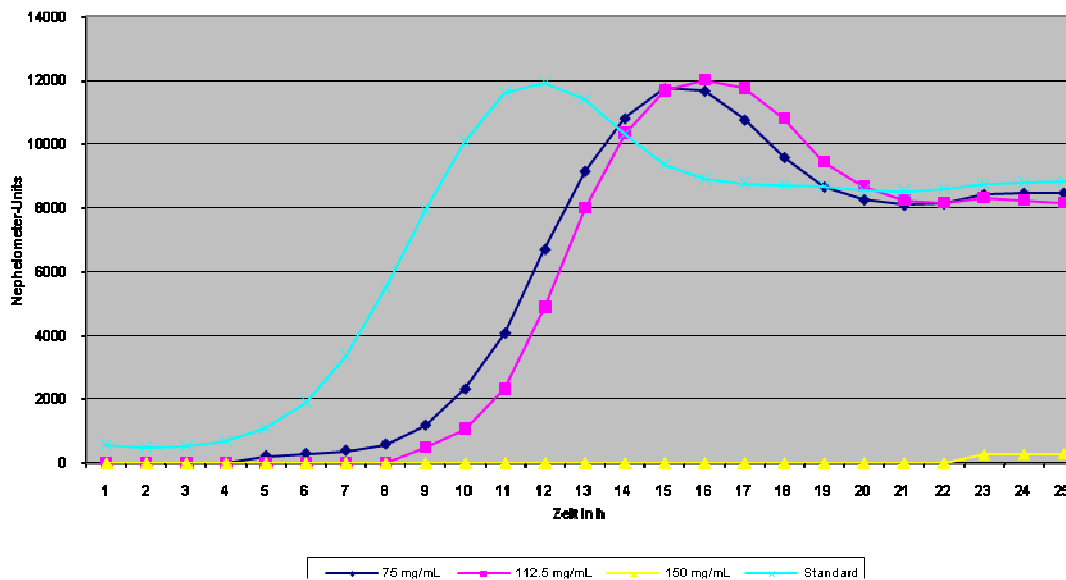


Abb.96 Wachstumskurven *C. krusei* (ATCC 1169) und Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

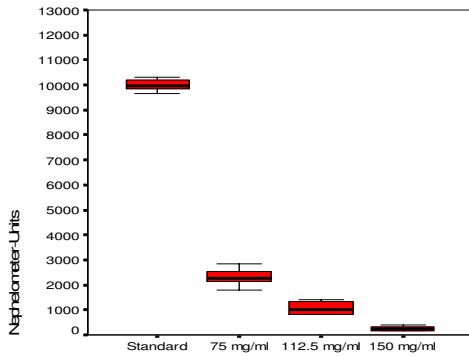


Abb.97 Boxplot nach 10 Stunden

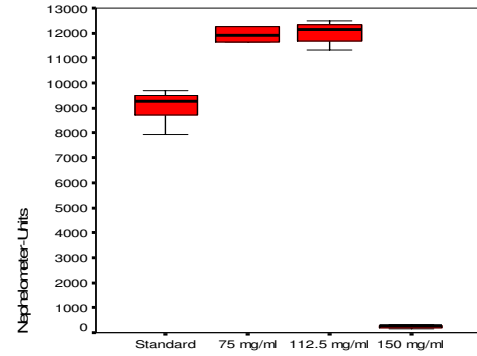


Abb.98 Boxplot nach 16 Stunden

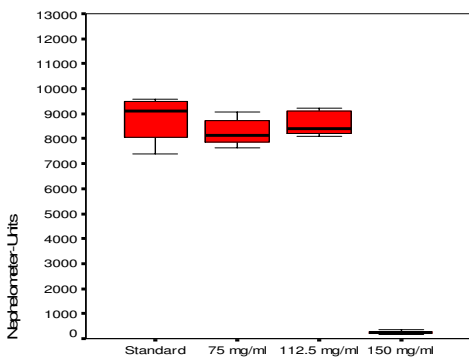


Abb.99 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.21 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	46,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,132
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,143
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	48,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,165
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,178
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.3. Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von *Candida tropicalis* (ATCC 6258) mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers

#### 5.3.1. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz)

In den graphischen Darstellungen zeigt sich bei dem Textilextrakt F1 eine komplette Hemmung des Pilzwachstums bei allen drei Konzentrationen, was der Mann-Whitney-U-Test für jede der drei Konzentrationen zu jedem der drei Zeitpunkte bestätigt.

Die Vitalitätskontrolle fiel ebenso negativ aus.

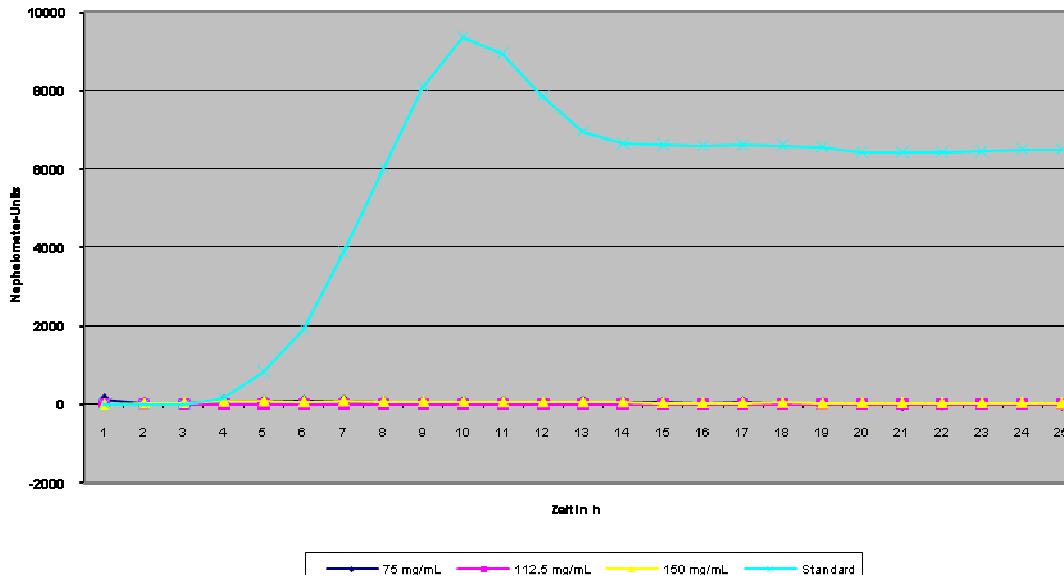


Abb.100 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt F1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

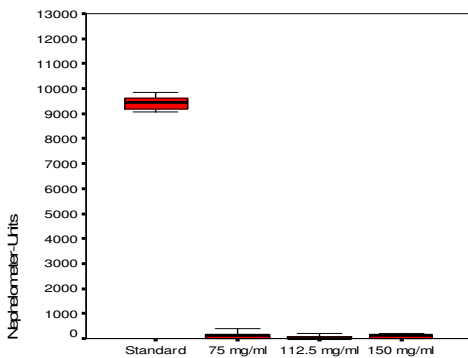


Abb.101 Boxplot nach 10 Stunden

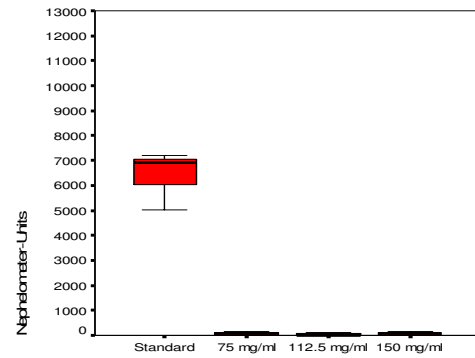


Abb.102 Boxplot nach 16 Stunden

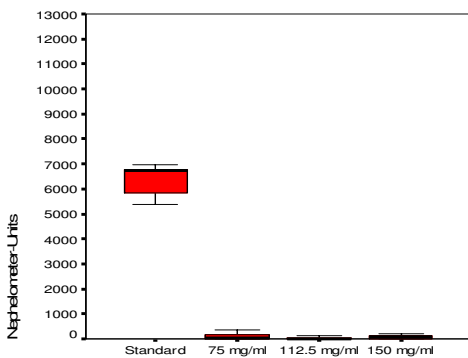


Abb.103 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.22 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000

### 5.3.2. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz)

Bei dem 72-Stunden-Ansatz zeigen sich die gleichen Ergebnisse wie bei dem 24-Stunden-Ansatz, was für eine komplette Hemmung des Pilzwachstums spricht.

Dies ergeben auch der Mann-Whitney-U-Test und die negative Vitalitätskontrolle.

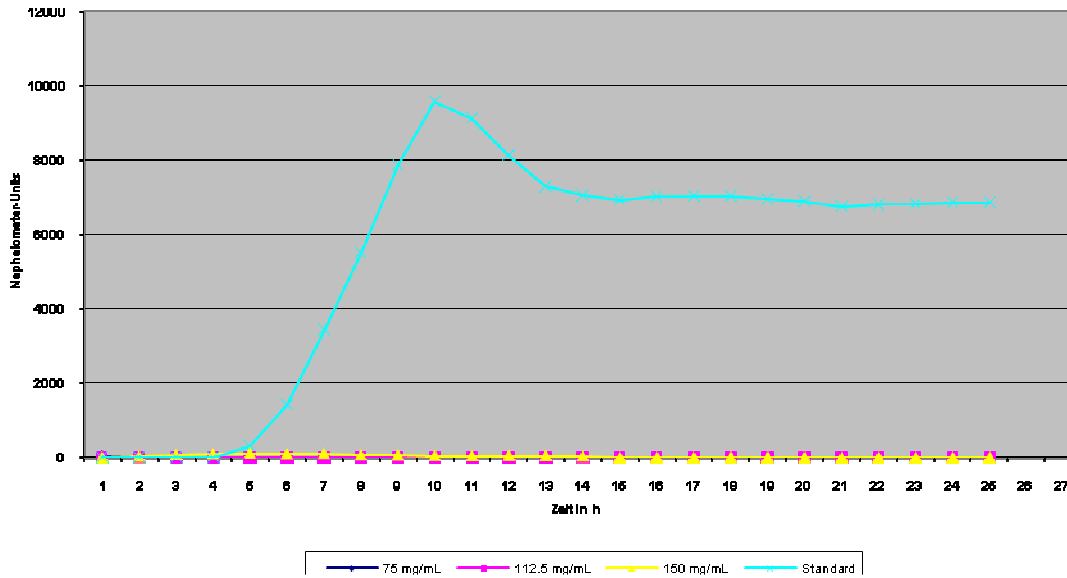


Abb.104 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt F1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

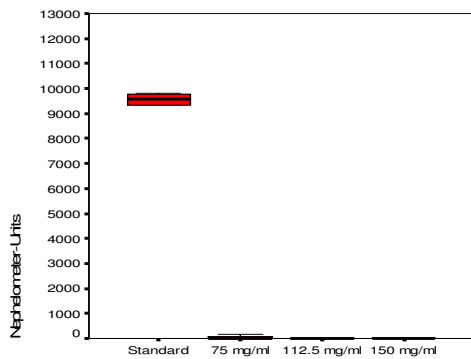


Abb.105 Boxplot nach 10 Stunden

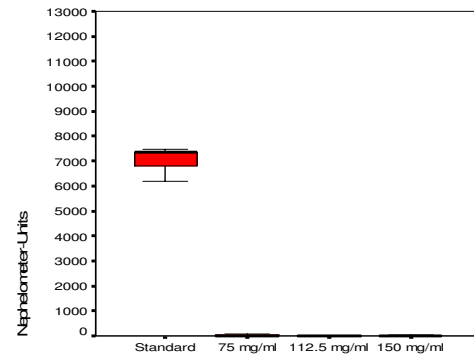


Abb.106 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.23 Mann-Whitney-U-Test

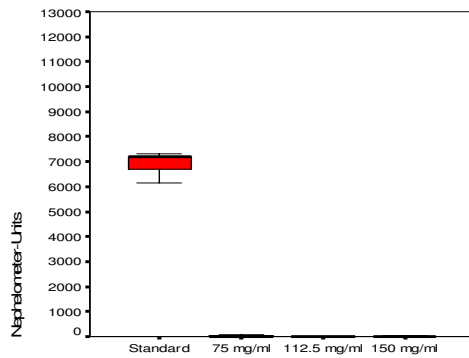


Abb.107 Boxplot nach 20 Stunden

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	.000	.000	.000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	.000	.000	.000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	.000	.000	.000

### 5.3.3. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz)

Da die Wachstumskurven mit Textilextrakt F2 in den graphischen Darstellungen kaum Unterschiede zur Standardwachstumskurve zeigen, kann man nicht von einer Hemmung des Pilzwachstums sprechen.

Im Mann-Whitney-U-Test zeigen sich dementsprechend Werte von  $p > 0.5$ .

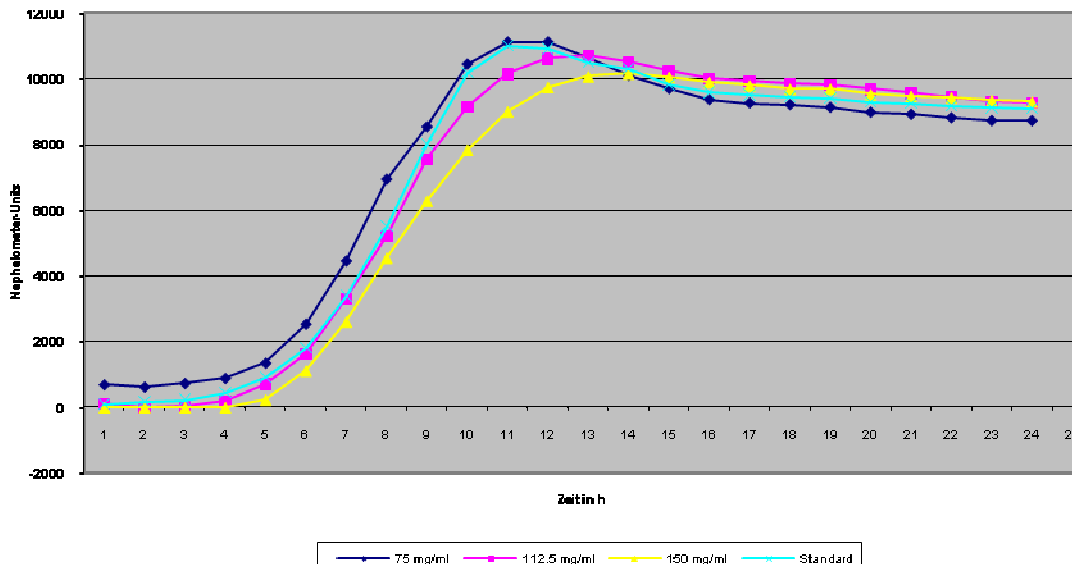


Abb.108 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt F2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm



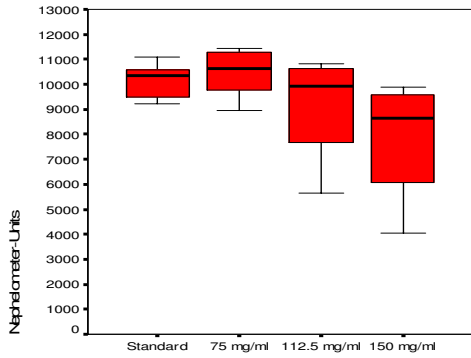


Abb.109 Boxplot nach 10 Stunden

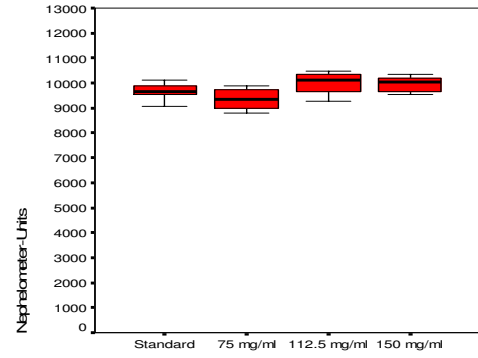


Abb.110 Boxplot nach 16 Stunden

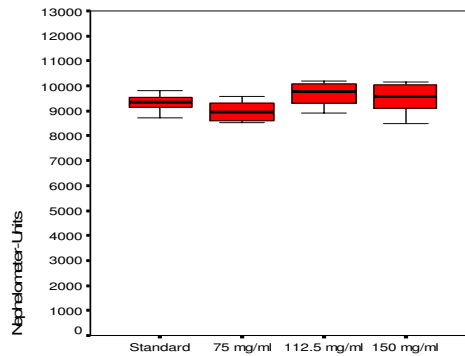


Abb.111 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.3.4. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz)

Die Untersuchungen des 72-Sunden-Ansatzes zeigen das gleiche Bild wie die des 24-Stunden-Ansatzes, was ebenfalls gegen eine Hemmung des Pilzwachstums spricht.

Der Mann-Whitney-U-Test bestätigt dies mit Werten von  $p > 0.5$ .

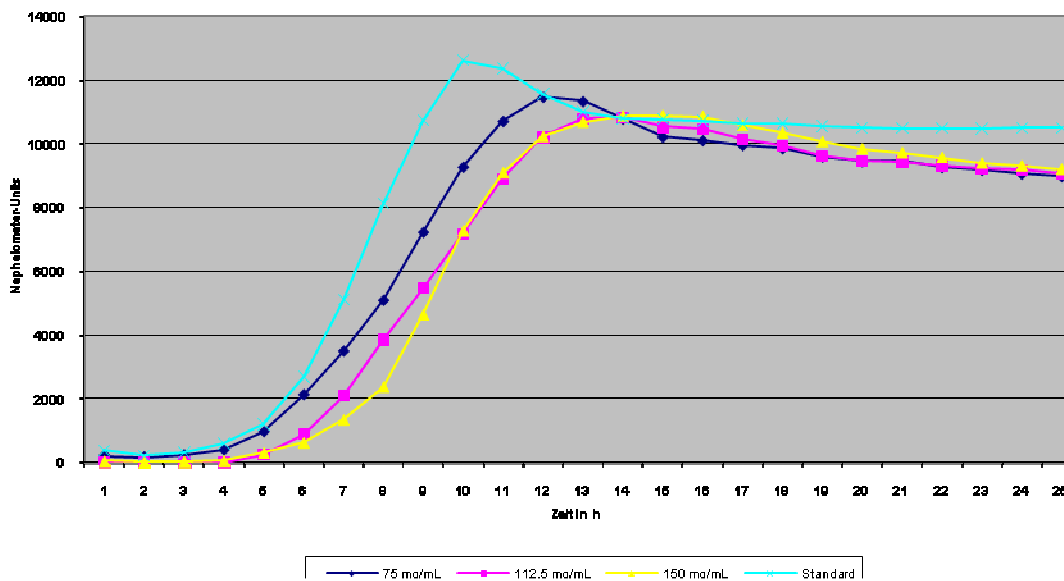


Abb.112 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt F2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

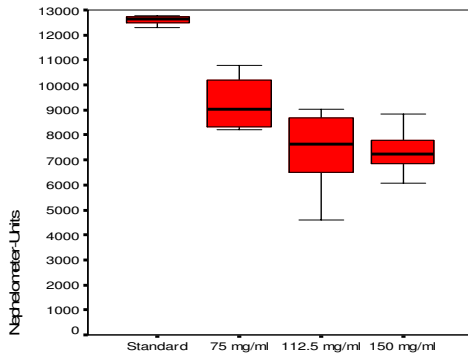


Abb.113 Boxplot nach 10 Stunden

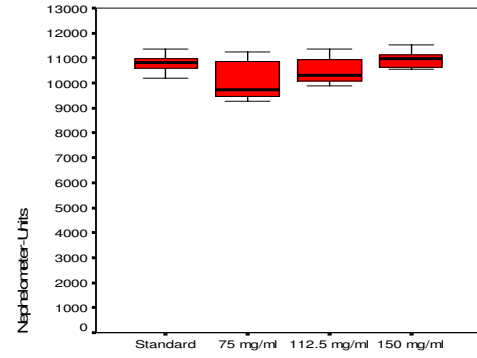


Abb.114 Boxplot nach 16 Stunden

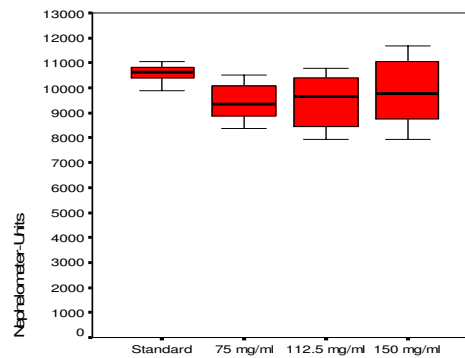


Abb.115 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.3.5. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz)

Die Wachstumskurven mit Textilextrakt F3 weisen kaum Unterschiede zur Standardwachstumskurve auf, aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass keine Hemmung des Pilzwachstums vorliegt.

Unterstützt wird dies im Mann-Whitney-U-Test mit Werten  $p > 0.5$ .

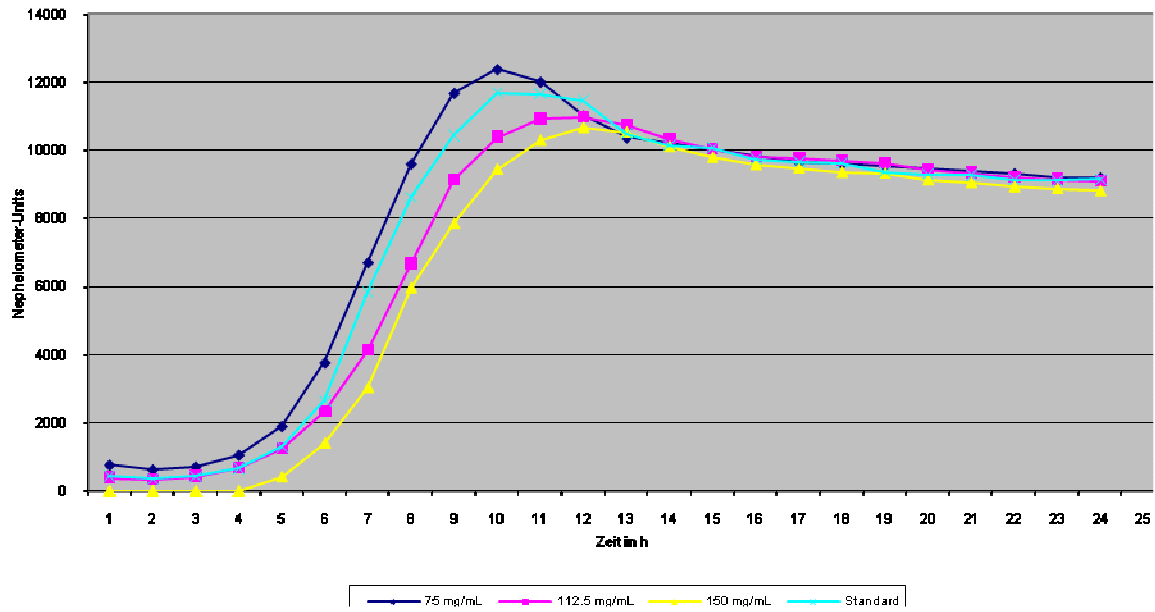


Abb.116 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt F3 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

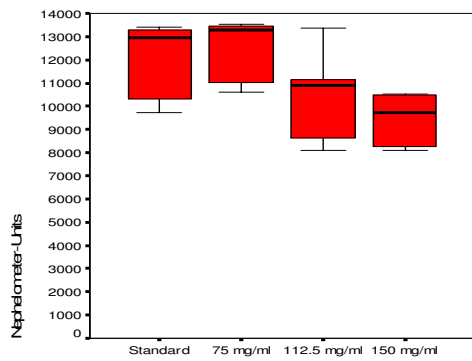


Abb.117 Boxplot nach 10 Stunden

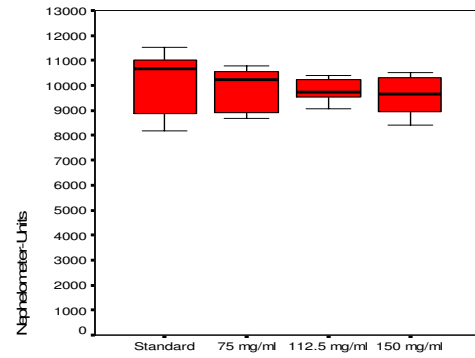


Abb. 118 Boxplot nach 16 Stunden

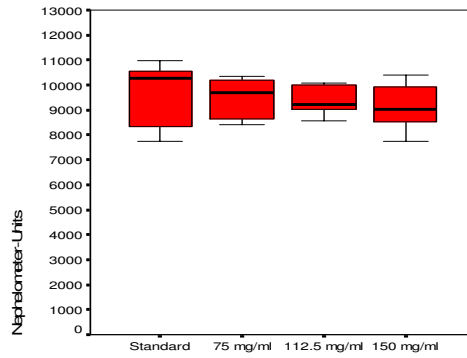


Abb.119 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.3.6. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz)

Analog dem 24-Stunden-Ansatz zeigen die Untersuchungen bei dem 72-Stunden-Ansatz auch keinerlei Zeichen, die auf eine Hemmung des Pilzwachstums durch das Textilextrakt F3 hinweisen. (p-Werte im Mann-Whitney-U-Test > 0.5)

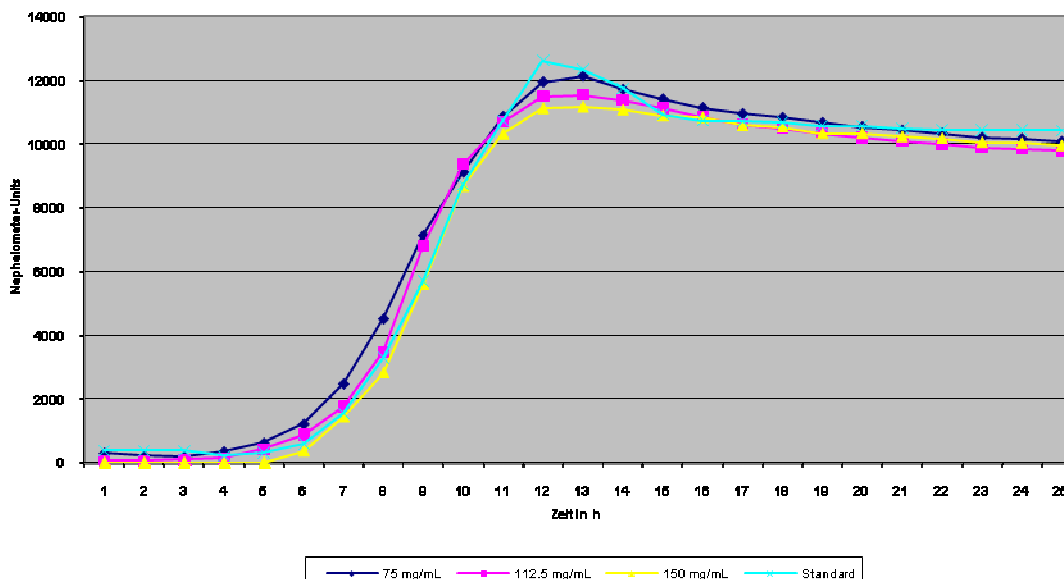


Abb.120 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt F3 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

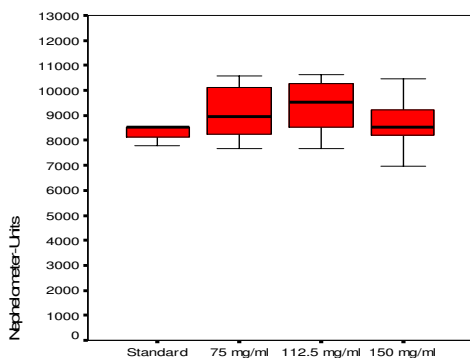


Abb.121 Boxplot nach 10 Stunden

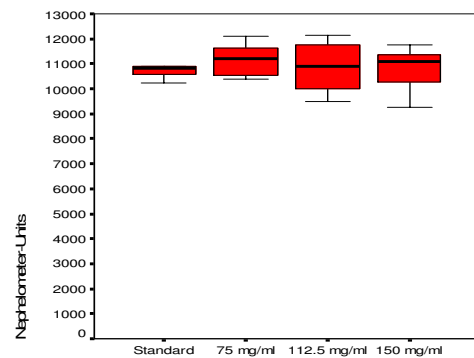


Abb.122 Boxplot nach 16 Stunden

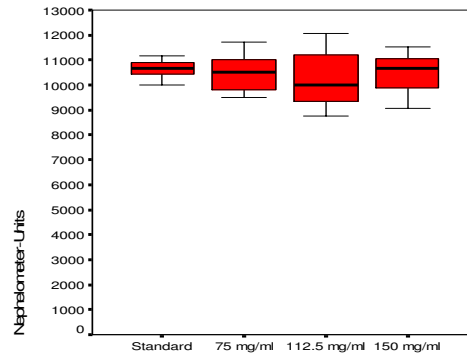


Abb.123 Boxplot nach 20 Stunden

### 5.3.7. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (24-Stunden-Ansatz)

Der Einfluss des Textilextrakts V1 zeigt für die Konzentration von 75 mg/mL ein verzögertes Wachstum in den graphischen Darstellungen, was sich auch bei 10 Stunden im Mann-Whitney-U-Test zeigt. Für die Konzentration von 112.5 mg/mL gilt dies ebenfalls. Im Mann-Whitney-U-Test zeigt sich dies bei 10 und 16 Stunden. Bei den beiden Konzentrationen handelt es sich um eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums.

Für die höchste Konzentration von 150 mg/mL zeigt sich eine komplette Hemmung des Pilzwachstums, die zu allen drei Zeitpunkten im Mann-Whitney-U-Test bestätigt wird.

Die Vitalitätskontrolle fiel negativ aus.

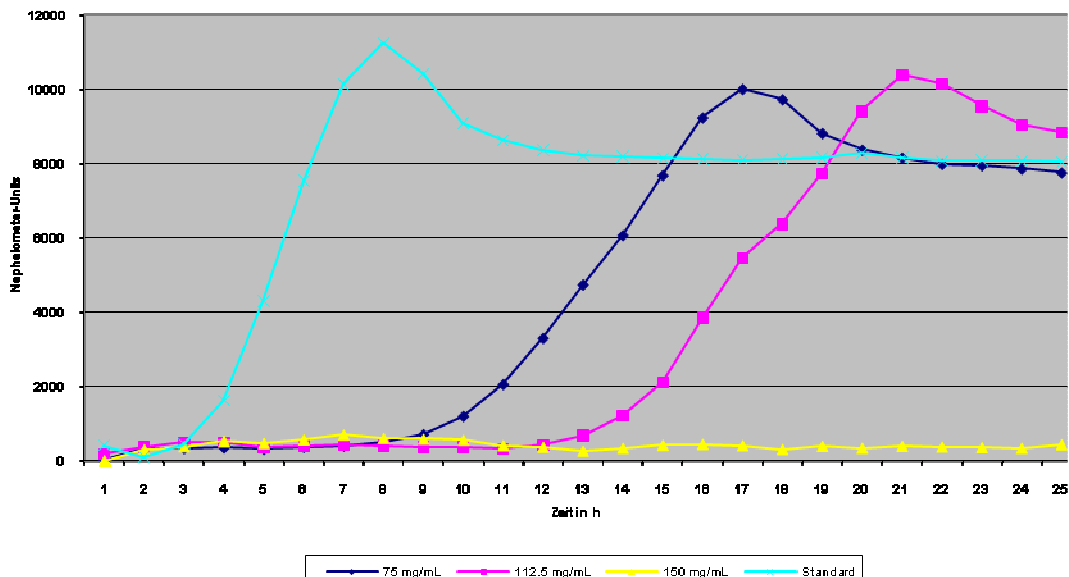


Abb.124 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und V1 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

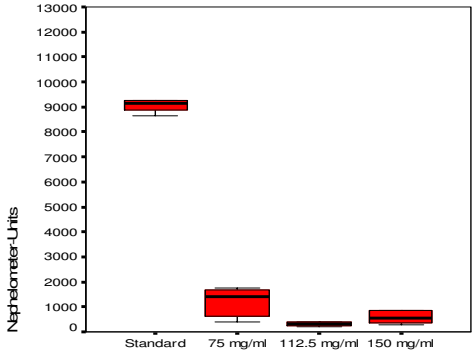


Abb.125 Boxplot nach 10 Stunden

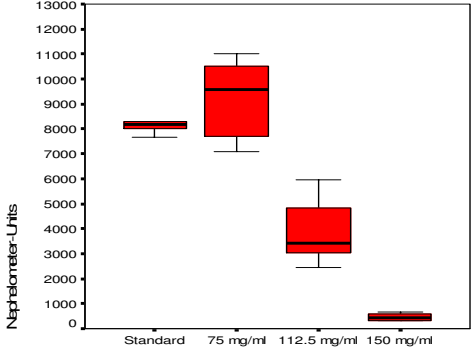


Abb.126 Boxplot nach 16 Stunden

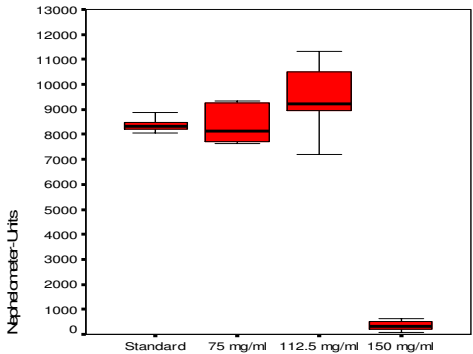


Abb.127 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.24 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	46,000	60,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,217	,711
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,235	,740
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	22,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,007
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,006
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

**5.3.8. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz)**

Wie schon im 24-Stunden-Ansatz ergeben die Untersuchungen des 72-Stunden-Ansatzes ein ähnliches Bild, allerdings beginnt die komplette Hemmung bereits bei einer Konzentration von 112.5 mg/mL.

Dies bestätigen auch der Mann-Whitney-U-Test und die negative Vitalitätskontrolle.

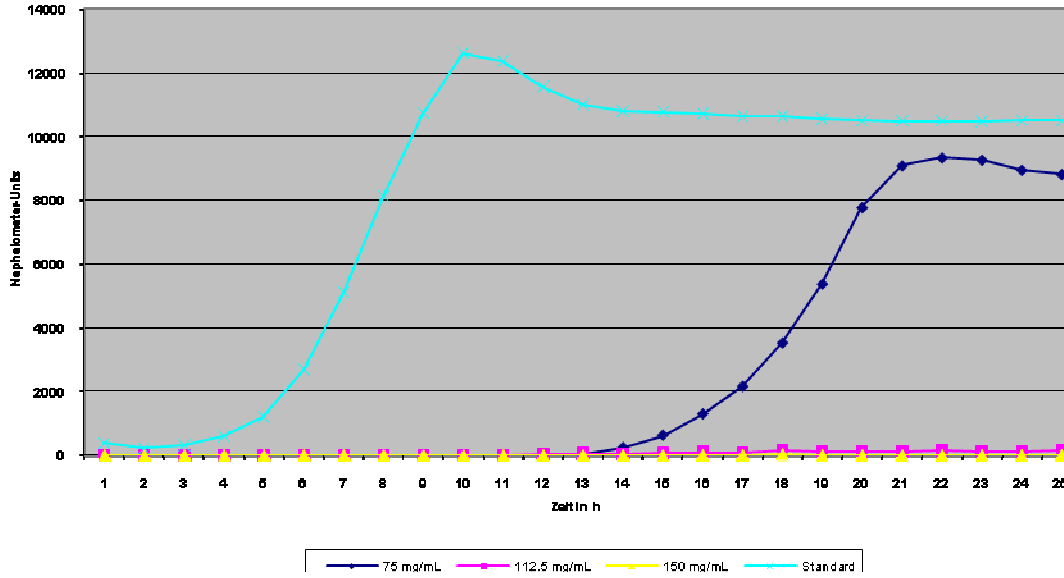


Abb.128 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt V1 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

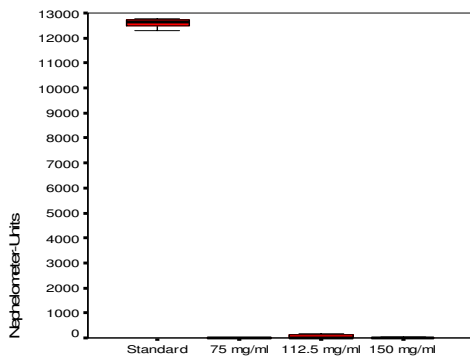


Abb.129 Boxplot nach 10 Stunden

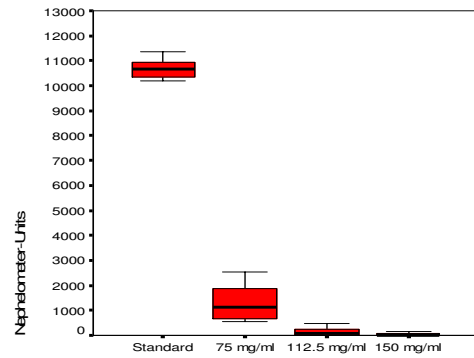


Abb.130 Boxplot nach 16 Stunden

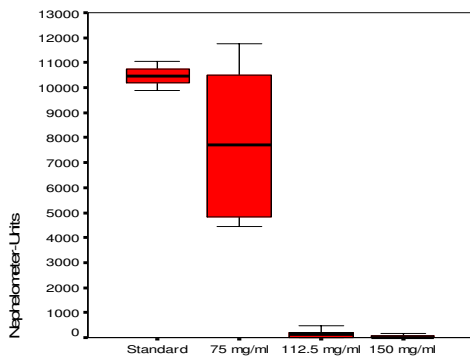


Abb.131 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.25 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	45,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,028
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,028
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.3.9. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz)

Die graphischen Darstellungen für die Konzentrationen 75 und 112.5 mg/mL zeigen eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums, die sich auch im Mann-Whitney-U-Test widerspiegelt.

Hier ist es notwendig, sowohl die graphischen Darstellungen als auch den Signifikanztests gemeinsam zu betrachten.

Für die Konzentration von 150 mg/ml zeigt sich in den graphischen Darstellungen und auch in den Tests eine komplette Hemmung des Pilzwachstums.

Die Vitalitätskontrolle fiel negativ aus.

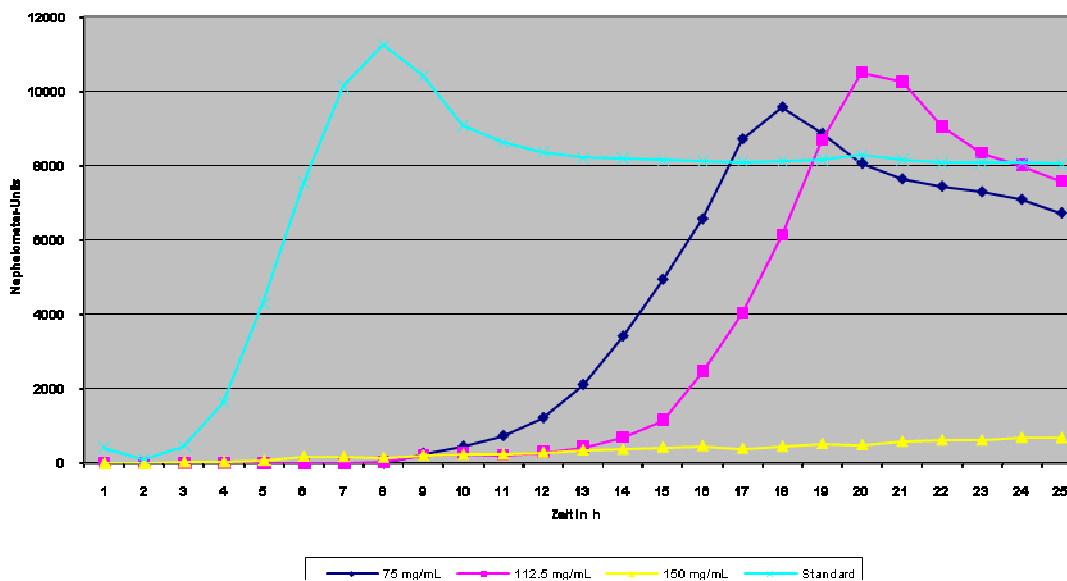


Abb.132 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt V2 (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

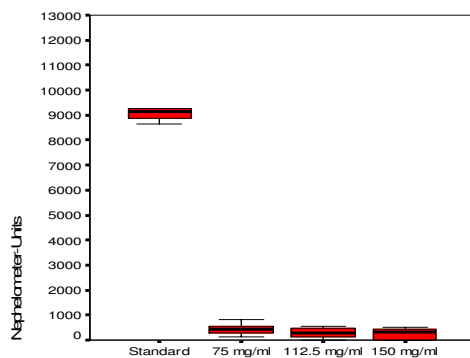


Abb.133 Boxplot nach 10 Stunden

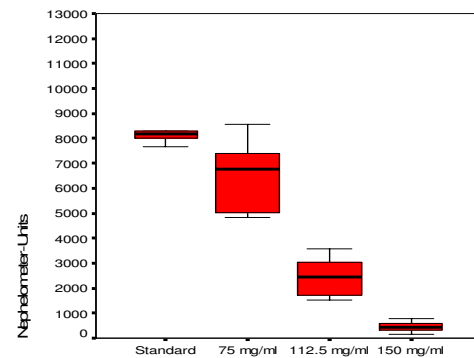


Abb.134 Boxplot nach 16 Stunden



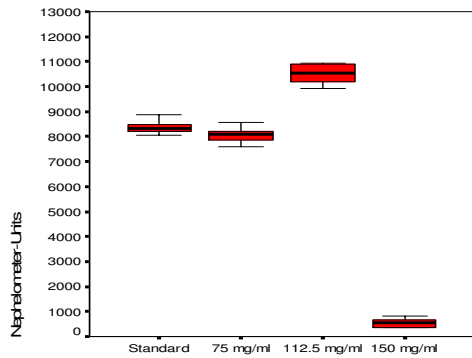


Abb.135 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.26 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	18,000	34,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,003	,048
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,002	,051
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.3.10. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz)

Die Untersuchungen zum 72-Stunden-Ansatz zeigen eine Hemmung des Pilzwachstums, die sich ausgeprägter darstellt als bei dem 24-Stunden-Ansatz.

Für die Konzentration von 75 mg/mL zeigt sich eine inkomplette Hemmung und für die anderen zwei Konzentrationen eine komplette Hemmung des Pilzwachstums, was sich auch im Mann-Whitney-U-Test widerspiegelt.

Die Vitalitätskontrolle für die Konzentrationen 112.5 und 150 mg/mL fiel negativ aus.

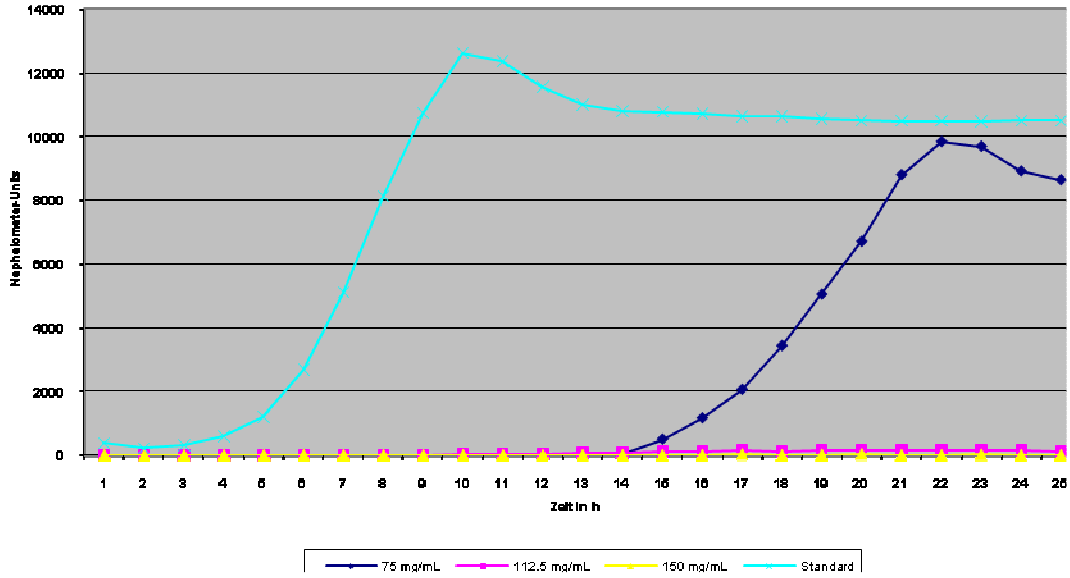


Abb.136 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt V2 (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

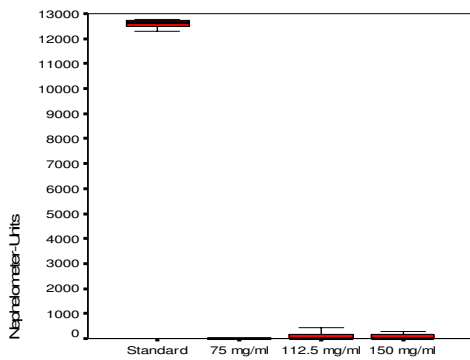


Abb.137 Boxplot nach 10 Stunden

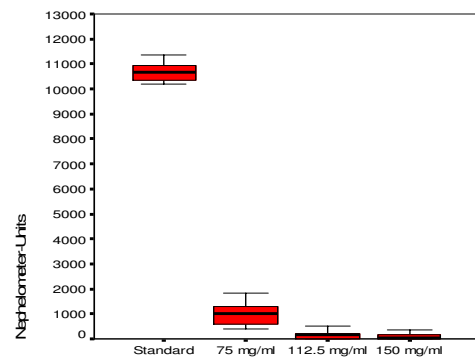


Abb.138 Boxplot nach 16 Stunden

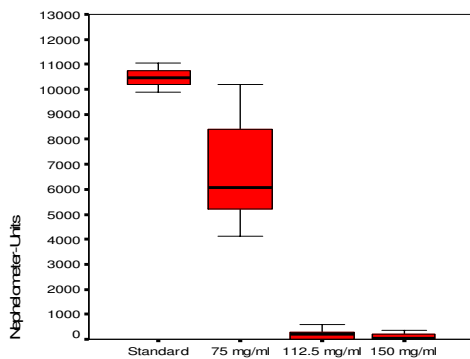


Abb.139 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.27 Mann-Whitney-U-Test

75 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	4,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
112.5 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
150 mg/mL	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.3.11. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz)

Anhand der graphischen Darstellung zeigt sich eine inkomplette Hemmung des Pilzwachstums für die Konzentration von 75 mg/mL, die sich auch im Mann-Whitney-U-Test bei 10 Stunden widerspiegelt.

Die Untersuchungen ergeben für die Konzentrationen 112.5 und 150 mg/mL eine komplette Hemmung des Pilzwachstums, was sich im Mann-Whitney-U-Test zu jedem Zeitpunkt zeigt. Die Vitalitätskontrolle fiel negativ aus.

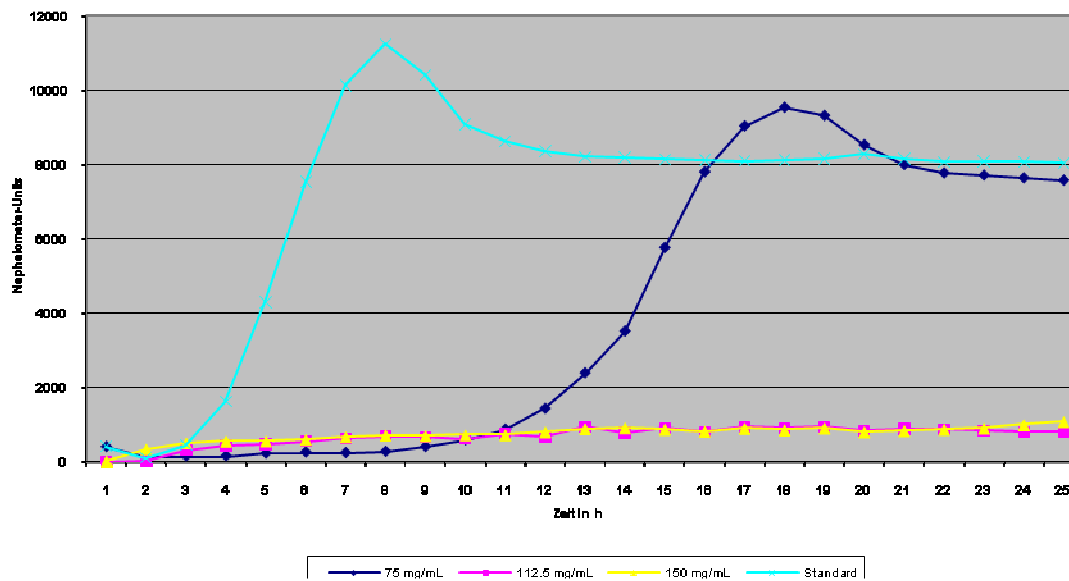


Abb.140 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt Elitex (24-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

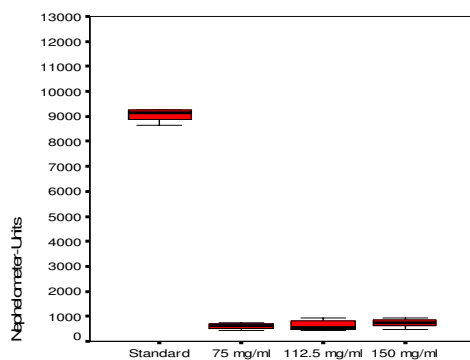


Abb.141 Boxplot nach 10 Stunden

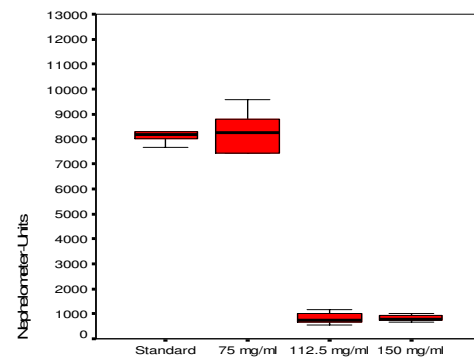


Abb.142 Boxplot nach 16 Stunden

Tab.28 Mann-Whitney-U-Test

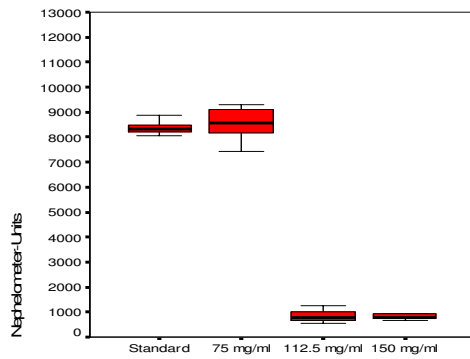


Abb.143 Boxplot nach 20 Stunden

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	64,000	56,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,902	,537
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,928	,566
<b>112.5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

### 5.3.12. Untersuchungen zum Einfluss von Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz)

In den graphischen Darstellungen zeigt sich das Bild einer kompletten Hemmung des Pilzwachstums für alle drei Konzentrationen, wobei die Hemmung des Pilzwachstums im 72-Stunden-Ansatz sehr viel deutlicher ausfiel als im Ansatz über 24 Stunden.

Der Mann-Whitney-U-Test bestätigt dies zu allen Zeitpunkten und auch die Vitalitätskontrolle fiel negativ aus.

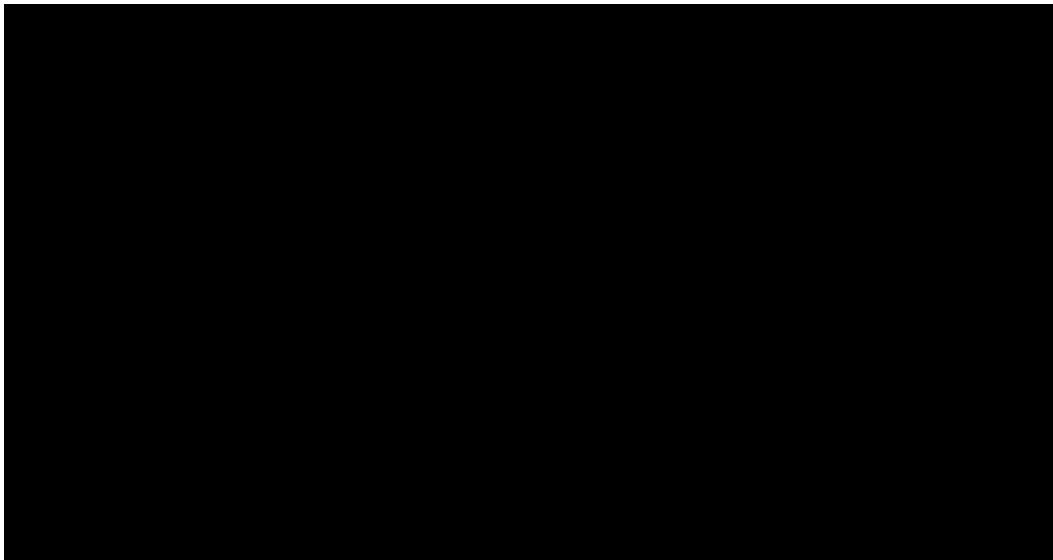


Abb.144 Wachstumskurven *C. tropicalis* (ATCC 6258) und Textilextrakt Elitex (72-Stunden-Ansatz) bei unterschiedlichen Konzentrationen im Diagramm

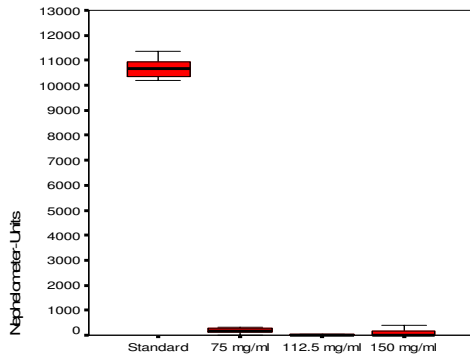


Abb.145 Boxplot nach 10 Stunden

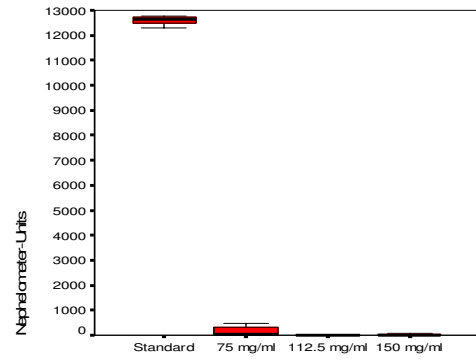


Abb.146 Boxplot nach 16 Stunden

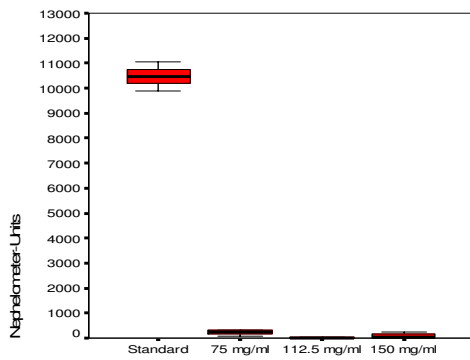


Abb.147 Boxplot nach 20 Stunden

Tab.29 Mann-Whitney-U-Test

<b>75 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>112,5 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000
<b>150 mg/mL</b>	10h	16h	20h
Mann-Whitney-U	,000	,000	,000
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,000	,000	,000

#### 5.4. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Tab.30 Zusammenfassung der Ergebnisse

Textilextrakt	75 mg/mL	112.5 mg/mL	150 mg/mL
<i>C. albicans</i>			
<b>F1 (24-Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>F1 (72 Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>F2 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	Keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F2 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	Keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F3 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	Keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F3 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>V1 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>V1 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>V2 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>V2 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>Elitex (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>Elitex (72 Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<i>C. krusei</i>			
<b>F1 (24-Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>F1 (72 Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>F2 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F2 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F3 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F3 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>V1 (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>V1 (72 Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>V2 (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>V2 (72 Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett
<b>Elitex (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett
<b>Elitex (72 Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett
<i>C. tropicalis</i>			
<b>F1 (24-Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>F1 (72 Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>F2 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung

<b>F2 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F3 (24-Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>F3 (72 Stunden)</b>	keine Hemmung	keine Hemmung	keine Hemmung
<b>V1 (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett
<b>V1 (72 Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>V2 (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett
<b>V2 (72 Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>Elitex (24-Stunden)</b>	Hemmung inkomplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett
<b>Elitex (72 Stunden)</b>	Hemmung komplett	Hemmung komplett	Hemmung komplett

### 5.5. Vergleich des 24-Stunden-Ansatz mit dem 72-Stunden-Ansatz

Beim Ansatz der Textilextrakte über 72 Stunden prägt sich die Wachstumsverzögerung deutlicher aus als im 24-Stunden-Ansatz. Dies ist besonders deutlich bei den Textilextrakten V1 und V2 zu erkennen.

Das Textilextrakt V1 wird im 24-Stunden-Ansatz unter dem Einfluss von *Candida albicans* gar nicht gehemmt, im 72-Stunden-Ansatz findet man eine Wachstumsverzögerung von 5 Stunden. Bei dem Textilextrakt V2 beträgt die Wachstumsverzögerung beim 24-Stunden-Ansatz 7 Stunden und beim 72-Stunden-Ansatz 8 Stunden.

Ähnlich verhält es sich unter dem Einfluss von *Candida krusei*. Bei V1 beträgt die Wachstumsverzögerung im 24-Stunden-Ansatz 12 Stunden, im 72-Stunden-Ansatz 14 Stunden. Bei dem Textilextrakt V2 verzögert sich das Wachstum im 24-Stunden-Ansatz um 8 Stunden, im 72-Stunden-Ansatz um 20 Stunden.

## 6. Diskussion

### 6.1. Herstellung der Textilextrakte

Ziel dieser Arbeit war es, die durch Hipler et al. 2005 gewonnenen Untersuchungsergebnisse zur Hemmung des Pilzwachstums im Zusammenhang mit den SeaCell®-Textilien mittels des Mikroplatten-Nephelometers zu untersuchen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten das Pilzwachstum zu beurteilen, vom Zählen der Zellen bis zur Messung der Fluoreszenz mit Hilfe von Alamar Blue® (Seyfarth 2007). Um Messungen mit dem Mikroplatten-Nephelometer möglich zu machen, mussten die Inhaltsstoffe aus verschiedenen Textilien in Lösung gebracht werden. Damit möglichst viele Inhaltsstoffe aus den Fasern in Lösung gehen, wurden die Textilien zerkleinert und mit einer Schwingmühle gemahlen. Dies zerstörte die Textilstruktur und ermöglichte eine große Angriffsfläche. Durch zahlreiche Vorversuche, unter anderem mit destilliertem Wasser oder NaCl-Lösung, erwies sich Sabouraud-Glucose Bouillon als optimales Medium für Textilien und Pilze. Das entscheidende Problem mit einer NaCl-Lösung war, dass die Silberionen aus den Fasern mit den Chloridionen zu Silberchlorid reagierten. Seyfarth et al. 2007 nutzten Sabouraud-Glucose Bouillon, um die Wirkung von Chitosanen auf verschiedene Pilzspezies zu testen.

Die zerkleinerten Textilien wurden zusammen mit der Sabouraud-Glucose Bouillon über 24 bzw. 72 Stunden in einem Wasserbad bei 37°C geschüttelt. Es zeigte sich eine deutlich stärkere Hemmung des Pilzwachstums im 72-Stunden-Ansatz, was damit zu begründen ist, dass eine größere Menge an Inhaltsstoffen aus den Fasern in Lösung gehen kann.

### 6.2. Nachweis antimykotischer Eigenschaften von SeaCell® Active-, SeaCell®- und LyoCell®-Textilextrakten auf *Candida albicans*, *Candida krusei* und *Candida tropicalis* mit Hilfe der Mikroplatten-nephelometrie

Der Einfluss der hergestellten Textilextrakte auf die verschiedenen Pilzspezies der *Candida*-Familie (*Candida albicans*, *Candida krusei* und *Candida tropicalis*) wurde mit Hilfe des Mikroplatten-Nephelometers untersucht.

Wichtig war es, Extraktkonzentrationen zu finden mit denen ein Abtöten der Keime erreicht werden konnte. Dabei hatte sich in zahlreichen Voruntersuchungen eine Konzentration der Extrakte von 150 mg/mL als günstig erwiesen, weswegen dieser Wert als Bereich der maximalen Konzentration festgelegt wurde. Um einer differenzierten Betrachtung der



Wirkung gerecht zu werden, wurden noch zwei weitere Verdünnungen (100 mg/mL, 75 mg/mL) der Extrakte hergestellt.

Die in den Untersuchungen ermittelten Messwerte bestätigen die Untersuchungsergebnisse von Hipler et al. 2005. Durch diese Untersuchungen wurde der Nachweis erbracht, dass die verschiedenen Textilien eine unterschiedliche hemmende Wirkung auf alle drei *Candida*-Spezies ausüben. Die Effekte, welche die verschiedenen Textilien bei der klassischen Inkubation mit den Pilzen erzeugten, wurden in einer Neubauer-Zählkammer und mittels Fluoreszenzfärbung mit FUN-1® quantifiziert. Die Zählung und auch die Fluoreszenzfärbung fanden nach einer Inkubationszeit von 24 Stunden bei 30°C statt. Die Fluoreszenzfärbung mit FUN-1® färbt die aktiven Pilzspezies an (Millard et al 1997).

Aus den Abbildungen 147, 148 und 149 wird ersichtlich, das die antimykotische Wirkung bei einem Gehalt von 100% SeaCell® Active (SCA 100) am größten ist. Bei der anschließenden Zählung wurde eine um 80-90% geringere Pilzmenge im Vergleich mit einer Kontrolle gefunden. Eine geringere antimykotische Wirkung zeigten die 100% SeaCell® Active non woven-Textilien.

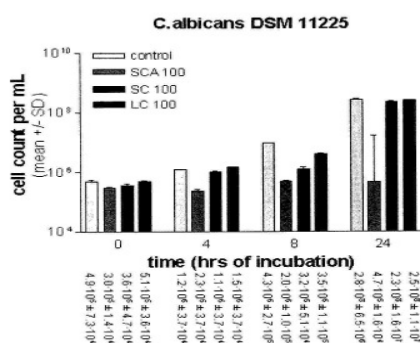


Abb. 148 Antimykotische Wirkungen von 100% SeaCell® Active (SCA 100), SeaCell® (SC 100) und LyoCell® (LC 100) auf *Candida albicans* (DSM 11225) (modifiziert nach Hipler et al. 2005)

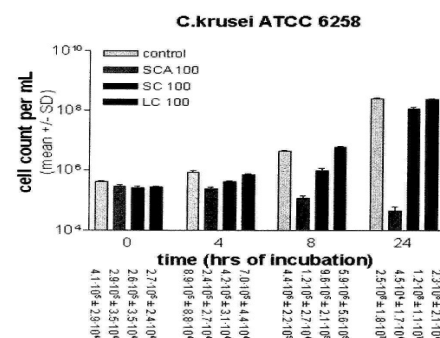


Abb. 149 Antimykotische Wirkungen von 100% SeaCell® Active (SCA 100), SeaCell® (SC 100) und LyoCell® (LC 100) auf *Candida krusei* (ATCC 6258) (modifiziert nach Hipler et al. 2005)

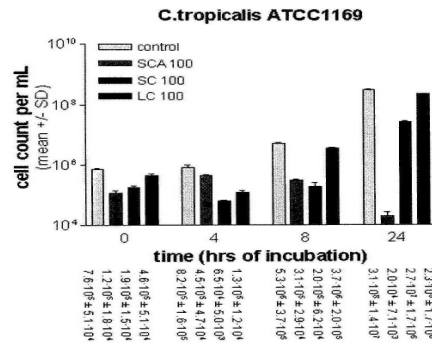


Abb. 150 Antimykotische Wirkungen von 100% SeaCell® Active (SCA 100), SeaCell® (SC 100) und LyoCell® (LC 100) auf *Candida tropicalis* (ATCC 1169) (modifiziert nach Hipler et al. 2005)

In einer weiteren Testserie wurden auch die antibakteriellen Wirkungen von SeaCell® Active-Fasern gegen *Escherichia coli* und *Staphylococcus aureus* untersucht. Auch hier konnte eine dosisabhängige Inhibierung des Bakterienwachstums beschrieben werden, mit der höchsten Wirkung bei einem Gehalt von 100% SeaCell® Active (SAC 100) (Hipler et al. 2005).

Für die abschließende und zusammenfassende Interpretation der Ergebnisse muss man die Gesamtheit aller Messungen in Betracht ziehen. Die folgenden Diagramme (Abb.148-153) zeigen zusammengefasst die Ergebnisse der durchgeführten in-vitro Tests, welche durch die Mikroplattennephelometrie ermittelt wurden, jeweils für die höchste Konzentration von 150 mg/mL.

Der Inhalt der Wells der Mikrotiterplatte, in denen die Nephelometer-Units auf Null abgesunken sind, wurden auf eine Sabouraud-Glukose-Agarplatte überimpft. Wenn nach 48 Stunden bei einer Temperatur von 30°C kein Pilzwachstum festgestellt werden konnte, war der Nachweis erbracht, dass der entsprechende Textilextrakt die Pilze abgetötet hat.

***Candida albicans* mit Textilextrakten (24-Stunden-Ansatz)**

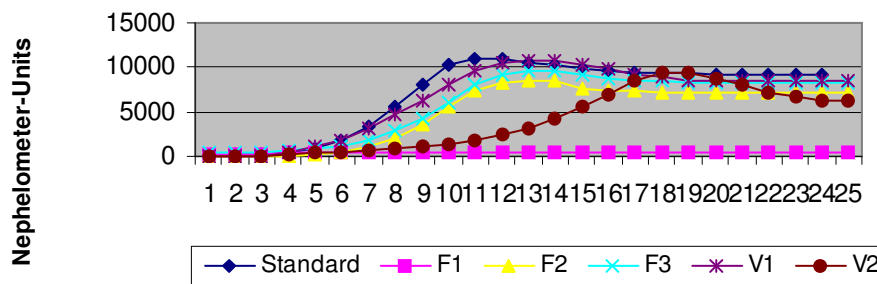


Abb.151 Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit *Candida albicans* (24-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)

**Candida albicans mit Textilextrakten (72-Stunden-Ansatz)**

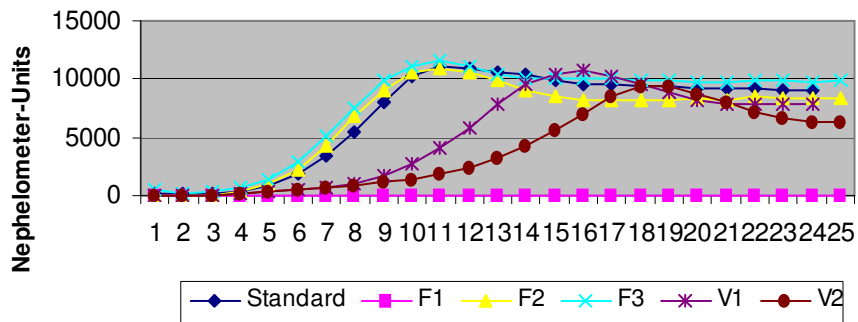


Abb.152 Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit *Candida albicans* (72-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)

**Candida krusei mit Textilextrakten (24-Stunden-Ansatz)**

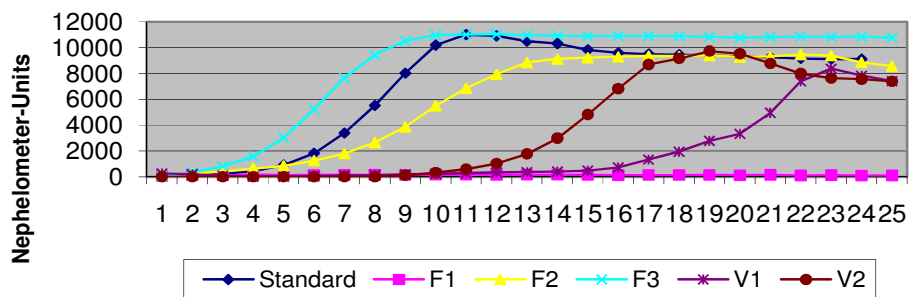


Abb.153 Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit *Candida krusei* (24-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)

**Candida krusei mit Textilextrakten (72-Stunden-Ansatz)**

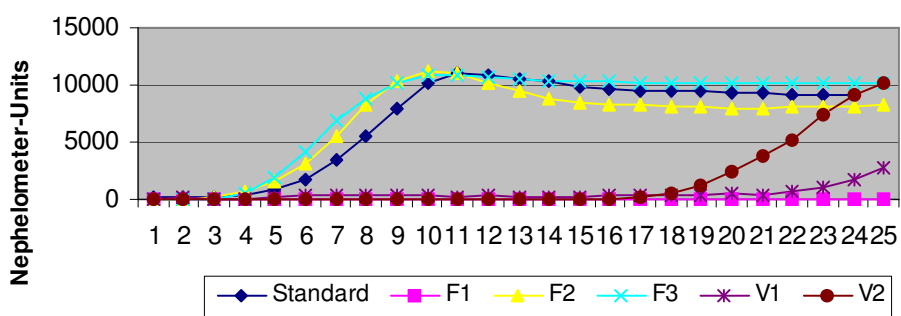


Abb.154 Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit *Candida krusei* (72-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)

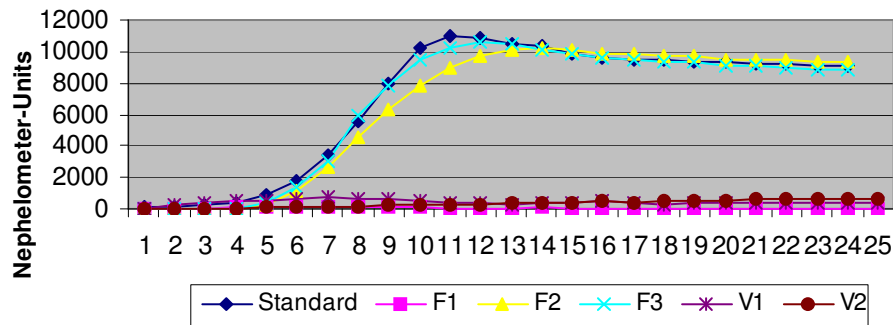
**Candida tropicalis mit Textilextrakten (24-Stunden-Ansatz)**

Abb.155 Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit *Candida tropicalis* (24-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)

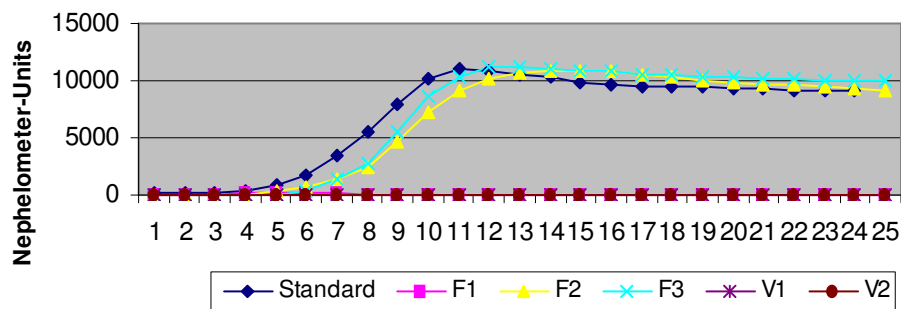
**Candida tropicalis mit Textilextrakten (72-Stunden-Ansatz)**

Abb.156 Zusammenfassende graphische Darstellung der Textilextrakte mit *Candida tropicalis* (72-Stunden-Ansatz, Konz.150 mg/mL)

Der Textilextrakt F1, bestehend aus 100% SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern (Lyocell/ Alge/ Ag<sup>+</sup>-ionen), weist eine besonders intensive wachstumshemmende Wirkung bei allen drei *Candida*-Spezies auf. Die Tatsache, dass es unter dem Einfluss von Textilextrakt F1 zu einem Absterben der Keime kommt, verdeutlicht die Abhängigkeit der Wirkung von der Dosierung und des Gehaltes an SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern (Hipler et al. 2005). Da bei F1 der Gehalt an SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern (Lyocell/ Alge/ Ag<sup>+</sup>-ionen) 100% beträgt, fällt der antimykotische Effekt, verglichen mit den übrigen experimentell ermittelten Ergebnissen, am deutlichsten aus. Durch die besondere Fähigkeit der Lyocell/Alge-Faser Silberionen zu absorbieren wird der abtötende Effekt des Silbers auf Pilze ausgenutzt. Die Fasern haben die größte Oberfläche, die es ermöglicht Silberionen in großen Mengen aufzunehmen.

Das Wachstum von *Candida albicans* und *Candida krusei* wird unter dem Einfluss von Textilextrakt V2 (wasserstrahlverfestigtes Vlies aus 100% SeaCell<sup>®</sup> Active non woven) inkomplett gehemmt, wohingegen *Candida tropicalis* komplett gehemmt wird.

Die Untersuchungsergebnisse der Messungen der Extrakte des wasserstrahlverfestigten Vlieses V2 verdeutlichen einen zweiten wesentlichen Aspekt, wenn es um die Fragestellung der antimykotischen Wirkung geht. Bei diesen Extrakten, die ebenfalls einen Gehalt von 100% SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern (Lyocell/ Alge/ Ag<sup>+</sup>-ionen) aufweisen, konnte die erwartete Hemmung, wie sie durch Textilextrakte F1 verursacht wurde, nicht beobachtet werden. Die Untersuchungen zeigten nur bei *Candida tropicalis* eine komplette Hemmung, bei den anderen beiden *Candida*-Spezies trat unter dem Einfluss der mit 150 mg/mL höchsten Konzentration lediglich eine Wachstumsverzögerung von maximal 14 Stunden (im 72-Stunden Ansatz bei *Candida krusei*) auf. Auf Grund dieser Tatsache liegt die Vermutung nahe, dass nicht allein der Gehalt der SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern für die antimykotischen Wirkungen ausschlaggebend ist, sondern auch deren Verarbeitungsform.

Die bearbeitete Schicht in einem Vliesstoff besteht nach ISO 9092 aus einem Vlies- bzw. Faserflor, wobei die Fasern sowohl ausgerichtet als auch wahllos zueinander angeordnet sind. Sie werden durch Reibung, Kohäsion und Adhäsion verbunden (Massenaux G. 2000). Durch das „Verwirbeln“, ein physikalisches Verfestigungsverfahren mechanischer Art, wird das Vlies verfestigt, um somit den täglichen Anforderungen gerecht zu werden. Hierbei werden durch einen Wasserstrahl mit einer bestimmten Mindestenergie die Fasern erfasst, umorientiert und somit verwirbelt, verschlungen oder verknotet (Münstermann et al. 2000). Vorstellbar ist, dass so die Oberfläche einer einzelnen Faser in einem Flächengebilde verkleinert wird und aufgrund dieses Oberflächenschwundes können weniger Silberionen pro Faser freigesetzt werden.

Weiterhin wäre eine Reduzierung der Silberionen durch das Auftreffen des energiereichen Wasserstrahls denkbar.

Anhand dieser beiden Hypothesen soll versucht werden, die Verringerung der Wirksamkeit gegenüber F1 zu erklären. Die Literatur bietet dazu noch keine ausreichenden Angaben.

Für den Textilextrakt V1 (wasserstrahlverfestigtes Vlies aus 20 % SeaCell<sup>®</sup> Active und 80% Lyocell<sup>®</sup> non woven) zeigt sich bei *Candida albicans* im 24-Stunden Ansatz keine Hemmung, allerdings zeigt sich im 72-Stunden-Ansatz eine zeitweise und damit inkomplette Hemmung. *Candida krusei* zeigt diese inkomplette Hemmung in beiden Ansätzen, das Wachstum von *Candida tropicalis* wird in beiden Ansätzen sogar komplett gehemmt.

Die Wachstumsverzögerung von V1 im Vergleich zu F1 lässt sich mit dem Anteil von lediglich 20% SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern begründen. Am Beispiel *Candida albicans* wurde eine Wachstumsverzögerung von 5 Stunden gemessen, bei *Candida krusei* sogar eine Wachstumsverzögerung von 20 Stunden.

Bei höheren Konzentrationen der Textilien im Extrakt könnte wahrscheinlich auch bei denjenigen Versuchen, wo es lediglich zu einer Wachstumsverzögerung gekommen ist, eine komplette Hemmung beobachtet werden. Durch den Versuchsaufbau ist unter den gegebenen Umständen momentan die Herstellung höherer Konzentrationen als 200 mg/mL nicht möglich.

Bei den Extrakten der Fasern F2 (SeaCell<sup>®</sup>, 100%) und F3 (Lyocell, 100%) sind keine SeaCell<sup>®</sup> Active-Fasern vorhanden, weshalb hier keine hemmende Wirkung auf das Pilzwachstum nachgewiesen werden konnte.

Das Wachstum von *Candida tropicalis* wurde bei den Textilextrakten F1, V1 und V2 komplett gehemmt, wohingegen *Candida krusei* und *Candida albicans* bei den Textilextrakten V1 und V2 lediglich eine Wachstumsverzögerung aufweisen. Diese ist bei *Candida krusei* ausgeprägter als bei *Candida albicans*. Diese Tatsache lässt die Vermutung zu, dass *Candida albicans* am widerstandsfähigsten gegenüber der antimykotischen Wirkung der Silberionen ist. Demnach reagiert *Candida tropicalis* sehr sensibel auf die Silberionen.

### **6.3. Nachweis antimykotischer Eigenschaften von ELITEX<sup>®</sup>-Textilextrakten auf *Candida albicans*, *Candida krusei* und *Candida tropicalis* mit Hilfe der Mikroplattennephelometrie**

Analog zu den beschriebenen Untersuchungen wurde hier der Einfluss der hergestellten Elitex<sup>®</sup>-Textilextrakte auf die verschiedenen Pilzspezies der *Candida*-Familie (*Candida albicans*, *Candida krusei* und *Candida tropicalis*) mittels des Mikroplatten-Nephelometers untersucht. Zuerst wurde untersucht, mit welchen Extraktkonzentrationen eine Hemmung der Keime erreicht werden konnte. Dabei hatte sich in zahlreichen Voruntersuchungen eine Konzentration der Extrakte von 150 mg/mL als günstig erwiesen, weswegen dieser Wert als Bereich der maximalen Konzentration festgelegt wurde. Um einer differenzierten Betrachtung der Wirkung gerecht zu werden, wurden noch zwei weitere Verdünnungen (100 mg/mL, 75 mg/mL) der Extrakte hergestellt.

Untersuchungen zum Einfluss der ELITEX<sup>®</sup>-Fasern auf das Wachstum von *Candida*-Spezies wurden zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht veröffentlicht.

Die Interpretation der Ergebnisse erfolgt anhand der folgenden Diagramme (Abb.153-155), welche die Ergebnisse der durchgeführten in-vitro Tests zusammenfassen. Die Ergebnisse wurden mittels der Mikroplattennephelometrie ermittelt, es wird jeweils die höchste Konzentration von 150 mg/mL dargestellt.

Die Wells, in denen kein Pilzwachstum gemessen werden konnte, wurden auf eine Sabouraud-Glukose-Agarplatte überimpft. Wenn nach 48 Stunden bei einer Temperatur von 30°C kein Pilzwachstum festgestellt werden konnte, war der antimykotische Nachweis erbracht.

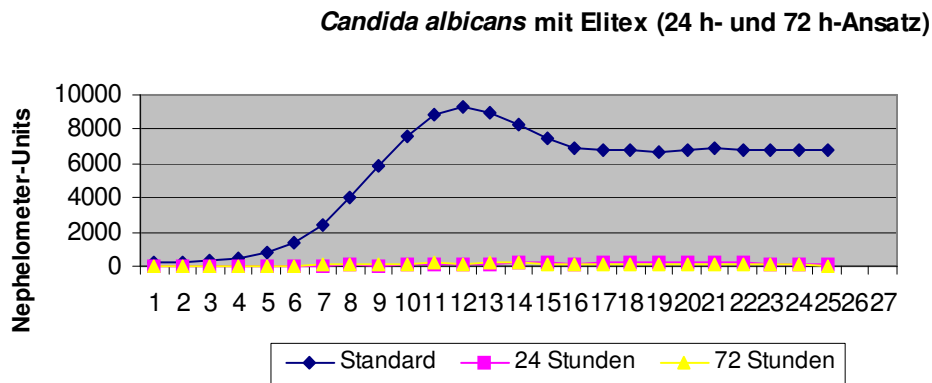


Abb.157 Zusammenfassende graphische Darstellung von *Candida albicans* mit Elitex® (24- und 72-Stunden-Ansatz)

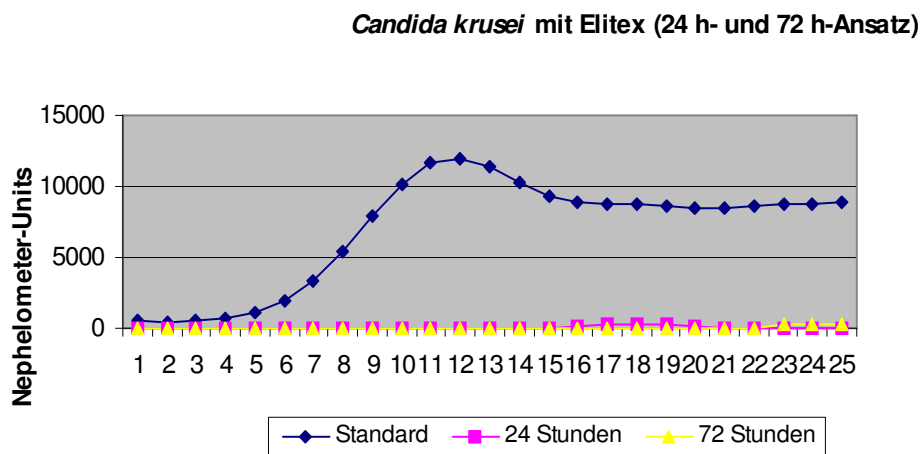


Abb.158 Zusammenfassende graphische Darstellung von *Candida krusei* mit Elitex® (24- und 72-Stunden-Ansatz)

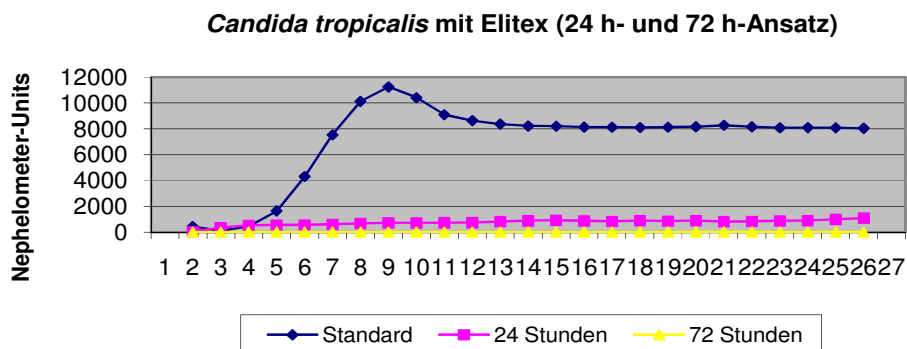


Abb.159 Zusammenfassende graphische Darstellung von *Candida tropicalis* mit Elitex® (24- und 72-Stunden-Ansatz)

Das Wachstum aller drei *Candida*-Spezies wurde durch die Elitex®-Textilextrakte komplett gehemmt. Die Elitex®-Garne bestehen aus einer modifizierten Silber(Ag)/PA-Elitex®-Fläche, welche für die antimykotische Wirkung verantwortlich ist.

Diese modifizierten Garne lassen sich webtechnisch verarbeiten und können somit in komplexe mehrlagige Gewebestrukturen als aktive Komponente eingebracht werden, welche als interaktive transdermale therapeutische Systeme agieren können.

Voraussetzungen dass derartige Systeme auch in vivo wirksam werden können sind eine möglichst große und oxidfreie Metalloberfläche im Kontakt mit den Elektrolyten auf der Hautoberfläche (Schweiß), sowie guter Kontakt der Haut mit der Zell- und Körperflüssigkeit.

#### 6.4. Die antimykotische Wirkungsweise von Silber

Um die antimikrobielle Wirkungsweise des Silbers wissenschaftlich begründen zu können musste ein langer und schwieriger Weg zurückgelegt werden. Erstmals wurde die antimikrobielle Wirkung des Silbers durch den Schweizer Wilhelm von Nägeli beschrieben, der ein Absterben von Mikroorganismen in Verbindung mit Metallen beobachtete (Nägeli 1893).

Die Anwendung von Silber in verschiedenen Fachgebieten der Medizin ist lange bekannt, wie zum Beispiel in der Augenheilkunde, Traumatologie und auch in der Dermatologie. Heutzutage findet Silber immer noch Anwendung in der Behandlung von Brandwunden, indem es in Form von Salben oder Lösungen lokal appliziert wird (Klasen 2000). Weiterhin werden Katheter, beispielsweise Dialysekatheter und Herzklappen mit silberhaltigen Beschichtungen versehen, was am Beispiel der Herzklappen zu einer Reduzierung des mikrobiellen Wachstums um 99,8% führte (Bambauer et al 2003, Brutel de la Riviere 2000).



Die antimikrobielle Wirkung des Silbers kann allerdings nur durch Silberionen hervorgerufen werden. In Verbindung mit Wasser oder Gewebsflüssigkeit werden die Silberionen freigesetzt, das metallisch gebundene Silber besitzt keine toxischen Eigenschaften (Danscher, Rungby 1986). Gosheger et al. 2004 beschrieben, dass bei der Anwendung die dosisabhängige Toxizität zu beachten ist.

Bosetti und Mitarbeiter dokumentierten, dass die Anwendung von silberbeschichteten Produkten ohne toxische Nebenwirkungen ist (Bosetti 2002).

Die antimykotische und antibakterielle Wirkung des Silbers beruht darauf, dass es sich an der Zellmembran anlagert und durch seine Affinität zu Elektronendonatoren (Disulfide, Imidazole, Amino- und Phosphatgruppen der Proteine) nach intrazellulär absorbiert wird. Durch die Bindung des Silbers an Thiolgruppen werden die Proteine denaturiert und verlieren somit ihre biologische Funktion (Lansdown 2006). In *Candida albicans* konnte nachgewiesen werden, dass die Silber-Ionen sich an den Cystein-Rest der Enzymphosphomannose-Isomerase binden. Dieses Enzym spielt eine wichtige Rolle in der Synthese der Zellwände von *Candida albicans* und führt somit zur Schädigung der Zellhülle (Wells et al. 1995). Die Membranschädigung führt zu einem Mangel an Nährstoffen sowie einer erhöhten Permeabilität, was zur Zerstörung der Zelle führt. Intrazellulär wird das Enzymsystem geschädigt, was zu einer Störung der Zellatmung, der DNA- und der RNA-Replikation führt (Lansdown 2004).

Diese antimykotischen und antibakteriellen Eigenschaften werden in der Herstellung von Textilien, in die Silber eingearbeitet ist, angewendet. Ein Beispiel ist die Therapie des Atopischen Ekzems. Meist wurden dazu Textilien aus Baumwolle und Mikrofaser verwendet. Nachteil dieser Textilien war es, dass sie nur bei maximal 30°C gewaschen werden konnten. Dies gehört allerdings der Vergangenheit an, seit ein silberbeschichteter Baumwollfaden entwickelt wurde, welcher bei Temperaturen bis 60°C gewaschen werden kann. (Wulf, Moll 2004). In-vivo-Studien mit Silber-beschichteten Textilien konnten die Symptome bei Patienten mit Atopischem Ekzem innerhalb von zwei Wochen entscheidend reduzieren (Gaugner et al. 2006).

Mit der Herstellung der SeaCell® Active-Fasern werden von der Industrie neue Wege eingeschlagen. Durch den aufwendigen Produktionsmechanismus können dauerhaft Silberionen in die algeninkorporierten Fasern eingebracht werden. Die antimikrobiellen Wirkungen wurden in zahlreichen Studien durchgeführt und dokumentiert (Hipler et al. 2006).

Mit den Elitex®-Textilien wird sogar noch einen Schritt weiter gegangen, indem über diese Textilien verschiedene Wirkstoffe gespeichert und dann gezielt freigesetzt werden können (Neudeck 2007).

### **6.5. Monitoring des Wachstums der *Candida*-Spezies mittels des Mikroplatten-Nephelometers**

Der Einsatz des Mikroplatten-Nephelometers zum Monitoring des mikrobiellen Wachstums ist zurzeit noch wenig beschrieben. Founda et al. 2006 bestimmten mittels des Mikroplatten-Nephelometers die Empfindlichkeit von *Candida albicans* und *Candida krusei* gegenüber  $\beta$ -Cyclodextrinen. Hierbei beschrieben Founda et al. die Mikroplatten-Nephelometrie als einfache, schnelle und effektive Methode zur Beurteilung des Wachstums bzw. der Hemmung sowohl von Pilz- als auch von Bakterienwachstum. Hipler et al. 2003 verglichen anhand des Wachstums des grampositiven *Corynebacterium glutamicum* die Nephelometrie mit einem herkömmlichen Photometer, wobei die Bestimmung photometrisch nicht messbarer Bakterienkonzentrationen mit der Mikroplatten-Nephelometrie gelang. Seyfarth et al. 2007 testeten die antimykotischen Eigenschaften von Chitosanen gegen *Candida albicans*, *Candida krusei* und *Candida glabrata* mit dem Mikroplatten-Nephelometer, wobei sich diese Methode als sehr effizient erwies.

Im klinischen Alltag findet die Mikroplatten-Nephelometrie vor allem Anwendung in der klinischen Chemie zur Bestimmung der Konzentrationen von bestimmten Partikeln in flüssigen Suspensionen, wie zum Beispiel von Immunglobulinen durch Bildung von Antigen-Antikörper-Präzipitaten oder von Albumin. Auch in der organischen Chemie findet sie Anwendung zur Bestimmung von Makromolekülen (Hipler et al. 2003).

Bei der Messung im Mikroplatten-Nephelometer wurde eine 96-Well-Mikrotiterplatte verwendet, welche den Vorteil hat, dass gleichzeitig drei verschiedene Textilextrakte in jeweils drei verschiedenen Konzentrationen gemessen werden konnten. Vor Beginn der Messungen wurde die Ausgangszellzahl bestimmt um die Messungen besser vergleichbar und reproduzierbar zu machen.

Ein weiterer Vorteil der Mikroplatten-Nephelometrie ist die Automatisierung des Verfahrens. So können verschiedene Parameter, wie beispielsweise die Temperatur, standardisiert und über den gesamten Zeitraum der Messung konstant gehalten werden. Somit kann eine Minimierung der möglichen Fehlerquellen erreicht werden.

Die Messungen wurden über einen Zeitraum von 24 bzw. 72 Stunden bei einer Temperatur von 30°C durchgeführt. Um unnötigen Flüssigkeitsverlusten entgegenzuwirken wurde die

Mikrotiterplatte mit einer hydrophoben, transparenten und gasdurchlässigen Folie (Breathe-Easy) abgeklebt.

Durch die Verdunstung kommt es zum Absetzen kleinster Flüssigkeitsmengen an der Abdeckfolie. Da die Mikroplatten-Nephelometrie die Trübung von Flüssigkeiten misst, die eine Streuung des Lichtes bewirkt, könnten hier Veränderungen der Lichtstreuung auftreten. Dadurch könnten falsch positive Werte gemessen werden. Mit dem Inhalt der Wells wurde eine Sabouraud-Glucose Agar-Platte beimpft und über einen Zeitraum von 48 Stunden im Brutschrank bei 30°C inkubiert, um sicherzustellen dass kein Wachstum nachzuweisen war.

Die Arbeit verdeutlicht, dass beim Monitoring des Wachstums von Mikroorganismen die Mikroplatten-Nephelometrie eine Alternative darstellt, die in Zukunft vermehrt Anwendung finden könnte. Ob die Anwendung über die Durchführung wissenschaftlicher Arbeiten hinaus bis zur routinemäßigen Anwendung im klinischen Alltag wirksam werden kann, ist in weiteren Studien zu prüfen.

## 7. Schlussfolgerung

Gegenstand dieser Untersuchungen war die Bestimmung des Einflusses verschiedener Textilextrakte auf das Wachstum von *Candida albicans* DSM 11225, *Candida tropicalis* ATCC 6258 und *Candida krusei* ATCC 1169 mittels des Mikroplatten-Nephelometer. Die Herstellung der verschiedenen Textilextrakte erfolgte nach der DIN-Norm EN ISO 10993-12 für die Testung von Textilien gegenüber Zytotoxizität.

Grund für die wachstumshemmenden Wirkungen sind die in die Textilien eingebrachten Silberanteile, welche antimykotische Eigenschaften besitzen. Die Silberionen, die dauerhaft in die Matrix der algeninkorporierten Lyocellfasern der SeaCell® Active-Textilien eingebracht wurden, zerstören morphologische Strukturen der Mikroorganismen und hemmen dadurch deren Wachstum. Die Elitex®-Garne bestehen aus einer modifizierten Silber(Ag)/PA-Elitex®-Fläche, welche für die antimykotische Wirkung verantwortlich ist.

Anhand der unterschiedlichen Extraktkonzentrationen zeigte sich, dass die untersuchten Textilien dosisabhängig das Keimwachstum schädigen. Durch den Vergleich der zwei verschiedenen Ansätze wird deutlich, dass bei dem 72-Stunden-Ansatz eine stärkere Hemmung erzielt wird, da eine größere Menge an Textilfasern in der Suspension vorhanden ist.

Durch die Untersuchungen von Hipler et al. (2005) wurden den SeaCell® Active-Textilien auch antibakterielle Eigenschaften gegenüber *Escherichia coli* und *Staphylococcus aureus* nachgewiesen. Bei den Elitex®-Garnen wurde die antibakterielle Wirkung noch nicht getestet.

Um eine zytotoxische Wirkung auf den Organismus auszuschließen wurden in-vitro-Testungen der SeaCell® Active-Textilien mit humanen Zellen durchgeführt. Weiterhin wurden auch in-vivo Testreihen mittels des Epikutantestes durchgeführt. Beide Testungen ergaben eine unbedenkliche Anwendbarkeit. Für die Elitex®-Garne stehen Testungen dieser Art noch aus.

Zur antimykotischen Testung wurde in dieser Arbeit die Methode der Mikroplatten-Laser-Nephelometrie angewendet. Der große Vorteil gegenüber den bisherigen Testungen mittels Agardiffusion ist, dass anhand der einzelnen Messzeitpunkte eine genaue Wachstumskurve erstellt werden konnte. Dadurch wurde eine qualitative Betrachtung jedes einzelnen Messergebnisses möglich. Durch diese Arbeit wurde der Einsatz der Mikroplatten-Laser-Nephelometrie zum Monitoring von Mikroorganismen unter dem Einfluss von Textilextrakten evaluiert.

Die Bedeutung dieser Untersuchungsergebnisse soll bei der Entwicklung und Testung neuer Textilien helfen. Heutzutage finden sich SeaCell® Active-Textilien in einer Vielzahl von Geweben und Vliesen, zum Beispiel in Unterwäsche, Arbeits- oder Sportbekleidung. Die Elitex®-Textilien haben einen weiteren Vorteil, welcher darin besteht, dass auf einer modifizierten Silber(Ag)/PA-Elitex®-Fläche Wirkstoffe gespeichert und gezielt abgegeben werden können.

Da in unserer heutigen Gesellschaft die Zahl der Erkrankungen im Rahmen des atopischen Formenkreises zunehmen, gewinnt die Entwicklung derartiger Textiltestsysteme immer mehr an Bedeutung.

## 8. Literaturverzeichnis

**Abeck D, Brasch J, Effendy I, Fegeler W, Ginter-Hanselmayer G, Haake N, Hamm G, Hof H, Korting HC, Mayser P, Ruhnke M, Schlacke KH, Seebacher C, Tietz HJ. 2005.** Candidose der Haut. [www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/013-005.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/013-005.htm).

**Abeck D, Brasch J, Cnrnely OA, Effendy I, Fegeler W, Ginter-Hanselmayer G, Haake N, Hamm G, Hipler CU, Hof H, Korting HC, Mayser P, Ruhnke M, Schlacke KH, Seebacher C, Tietz HJ. 2008.** Orale Candidose. [www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/013-006.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/013-006.htm).

**Bambauer R, Mestres P, Schiel R, Bambauer S, Sioshansi P, Latza R. 2003.** Long-term catheters for apheresis and dialysis with surface treatment with infection resistance and low thrombogenicity. *Therap Apher Dial*, 7(2):225-231.

**Bergmann RL, Edenharter G, Bergmann KE, Forster J, Bauer CP, Wahn V, Zepp F, Wahn U. 1998.** Atopic dermatitis in early infancy predicts allergic airway disease at 5 years. *Clin Exp Allergy*, 28:965-970.

**Bevan CD, Lloyd RS. 2000.** A high-throughput screening method for the determination of aqueous drug solubility using laser nephelometry in microtiter plates. *Anal Chem*, 72: 1781-1787.

**Bosetti M, Masse A, Tobin E, Cannas M. 2002.** Silver coated materials for external fixation devices: in vitro biocompatibility and genotoxicity. *Biomaterials*, 23(3):887-892.

**Braun-Falco O., Plewig G., Wolff H., Burgdorf MD, Landthaler M. 2005.** *Dermatologie und Venerologie*. 5. Auflage. Springer Verlag. 190-325.

**Breton-Gorius JD, Houssay JL, Vilde, Dreyfus B. 1975.** Partial myeloperoxidase deficiency in a case of preleukaemia. II. Defects of degranulation and abnormal bactericidal activity of blood neutrophile. *Br J Haematol*, 30: 279-288.

**Brutel de la Riviere A, Dossche KM, Birnbaum DE, Hacker R. 2000.**

First clinical experience with a mechanical valve with silver coating.

J Heart Valve Dis, 9(1):123-129.

**Caroline L., Rosner R., Kozinn P. 1969.** Elevated serum iron, low unbound transferrin and candidiasis in acute leukaemia. Blood, 34: 441-451.

**Danscher G, Rungby J. 1986.** Differentiation of histochemically visualized mercury and silver. Histochem J, 18(2-3):109-114.

**Dupont B., Drouhet P. 1985.** Cutaneous, ocular and osteoarticular candidiasis in heroin addicts: new clinical and therapeutic aspects in 38 patients. J Infect. Dis, 152: 577-591.

**Elsner P. 2004,** Textilien – neue Entwicklungschancen für die Dermatologie, Aktuelle Dermatologie 2004. 30.

**Fischer S, Ring J, Abeck D. 2003.** Atopisches Ekzem. Provokationsfaktoren und Möglichkeiten ihrer wirkungsvollen Reduktion bzw Elimination. Hautarzt 2003, 54:914-924.

**Fouda MM, Knittel D, Hipler UC, Elsner P, Schollmeyer E. 2005.**

Antimycotic influence of  $\beta$ -cyclodextrin complexes-in vitro measurements using laser nephelometry in microtiter plates. Int J Pharm, 311:113-121.

**Freudiger A. 2004.** SeaCell® eine neue Faser in der textilen Welt. 13. Spinnerer-Kolloquium, Festhalle Denkendorf 27./ 28. April.

**Gauger A, Mempel M, Schekatz A, Schäfer T, Ring J, Abeck D. 2003.**

Silver-coated textiles reduce Staphylococcus aureus colonization in patients with atopic eczema. Dermatology, 207:15-21.

**Gauger A, Fischer S, Mempel M, Schäfer T, Foelster-Holst R, Ring J, Abeck D. 2006.**

Efficacy and functionality of silver-coated textiles in patients with atopic exzema.

JEADV 2006, 18: 534-541.

- Ghannoum M. A. 1988.** Mechanisms potentiating *Candida*-infections. A review. *Mycoses*, 31: 543-557
- Gosheger G HJ, Ahrens H, Streitbueger A, Buerger H, Erren M, Guensel A, Kemper FH, Winkelmann W, Von Eiff C. 2004.** Silver coated megaendoprotheses in a rabbit model-an analysis of the infection rate and toxicological side effects. *Biomaterials*, 25(24):5547-5556.
- Hipler B, Brand S, Angersbach S, Rückert C. 2003.** Monitoring des Wachstums von Mikroorganismen mit Hilfe der Nephelometrie. *Biospektrum*, 5:648-649.
- Hipler UC, Elsner P, Fluhr JW. 2005.** Anti-fungal and anti-bacterial properties of a silver-loaded cellulosic fiber. *J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater*, 77B:156-163.
- Hipler UC, Zikeli S, Elsner P, Fluhr JW. 2006.** SeaCell® Active- Die natürliche Cellulosefaser mit antimikrobiellen Eigenschaften. *Aktuelle Dermatologie*, 32:23-26.
- Hof H, Hrsg. 2000.** Mikrobiologie. Erste Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 373-376.
- Jung E.G. 2004.** Phylogenese als Voraussetzung für eine kleine Kulturgeschichte der Haut, *Aktuelle Dermatologie*, 30: 36-38
- Klasen HJ. 2000.** A historical review of the use of silver in the treatment of burns. II. Renewed interest for silver. *Burns*, 26(2):131-138.
- Lansdown A. 2004.** A review of the use of silver in wound dressings: facts and fallacies, *Br J Nurs*, 13:6-13.
- Lansdown A. 2006.** Silver in health care: Antimicrobial effects and safety in use. *Curr Probl Dermatol*, 33:17-34.
- Lehrer R.I., Cline M.J. 1969.** Interaction of *Candida albicans* with human leukocytes and serum. *J Bacteriol*, 98: 996-1994.



- Lynch DP. 1994.** Oral Candidiasis. History, classification, and clinical presentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 78:189-93.
- Maitre S, Jaber K, Perrot JL, Guy C, Cambazard F. 2002.** Increased serum and urinary levels of silver during treatment with topical silver sulfadiazine. *Ann Dermatol Venereol*, 129(2):217-219.
- Massenaux G. 2000.** Einführung in das Gebiet der Vliesstoffe. In: Albrecht W, Fuchs H, Kittelmann W, Hrsg. *Vliesstoffe*. Erste Aufl. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH. 1-3.
- Millard P.J., Roth B.L., Thi H.P., Yue S.T., Haugland R.P. 1997.** Development of the FUN-1 family of fluorescent probes for vacuole labeling and viability testing of yeasts. *Appl. Environ Microbiol*, 63: 2897-2905.
- Mills J.J., Abbott J.R., Utley, Ryan C. 1977.** Role of cardiac catheterization in infective endocarditis. *Chest*, 27: 576-582.
- Mundy G.R., Guise T.A. 1999.** Hormonal control of calcium homeostasis. *Clin Chem*, 45: 1347-1352.
- Münstermann U, Möschler W, Watzl A. 2000.** Verwirbelungsverfahren. In: Albrecht W, Fuchs H, Kittelmann W, Hrsg. *Vliesstoffe*. Erste Aufl. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH. 326-340.
- Neudeck A. et al, 2007.** Optimierung textiler Strukturen zur Detektion bioelektrischer Signale und zur Wirkstoffapplikation. 3. Thüringer Grenz- und Oberflächentage Erfurt. 138-144.
- Pedersen A. 1984.** Studies on phenol content and heavy metal uptake in fucoids. *Hydrobiologia*, 116/117: 498-504.
- Provost T. 1976.** Infections associated with T-cell dysfunction. In: J.C. Allen (Hrsg.). *Infection and the Compromised Host* The Williams and Wilkins Company. Baltimore, 49-79.

- Rippon J.W. 1982.** The Pathogenic Fungi and the Pathogenic Actinomycetes. Medical Mycology. 2nd edn. WB Saunders Company. Philadelphia. 842.
- Saarinen U.M., Kajosaari M. 1995.** Breastfeeding as prophylaxis against atopic disease: prospective follow-up study until 17 years old. Lancet, 346:1065-1069.
- Smith J.M.B. 1980.** Opportunistic Mycoses of Man and other Animals. CAB International BPCC Wheatons Ltd Exeter, 24:649-652.
- Sander C., Elsner P. et al. 2004.** Pilzinfektionen und Textilien. Aktuelle Dermatologie, 30: 18-22.
- Soll D.R., Galask R., Isley S., Rao T.V.G., Stone D., Hicks J., Schmid J., Mac K., Hanna C. 1989.** High frequency switching of *Candida albicans* during successive episodes of recurrent vaginitis. J Clin Microbiol, 27:681-90.
- Seyfarth F, Schliemann S, Elsner P, Hipler UC. 2007.** Antifungal effect of a high- and low-molecular-weight chitosan hydrochloride, carboxymethyl chitosan, chitosan oligosaccharide and N-acetyl-D-glucosamine against *Candida albicans*, *Candida krusei* and *Candida glabrata*. Int J Pharm, 353(1-2): 139-148.
- Tattersall M.H. 1975.** Aggressive cancer treatment and its role in predisposing to infection. Europ J Canc, 11:9-19.
- Wells. 1995.** T.N.C. et al. Biochemistry, 34: 7896-7903.
- Wulf A, Moll I. 2004.** Silberbeschichtete Textilien—eine ergänzende Therapie bei dermatologischen Erkrankungen. Akt Dermatol, 30: 28-29.
- Xanthou M.E., Valassi-Adam E., Kintzonidou, Matsaniotis M. 1975.** Phagocytosis and killing ability of *Candida albicans* by blood leucocytes of healthy term and preterm babies. Arch Dis Child, 501: 72-75.

**Zhou D., Zhang L., Zhou J., Guo S. 2004.** Cellulose/chitin beads for absorption of heavy metals in aqueous solution. *Water Res.*, 38 :2643-2650.

**Zikeli S. 2001.** Lyocell fibers with health-promoting effect through incorporation of seaweed *Chemical Fibers International*, 51: 272-276.

**Zikeli S. 2002.** SeaCell® Active – eine neue cellulosische Faser mit antimikrobiellen Eigenschaften. *Avantex – International Forum and Symposium for High-tech Apparel Textiles Frankfurt/Main 2002*, 10-12.

**Zikeli S., Endl T., Martl M.G. 2001.** Cellulose shaped body and method for the production thereof. Patent WO01/62845.

**Zikeli S., Endl T., Martl M.G. 2001.** Polymer compositions and moulded bodies made therefrom. Patent WO01/62844

## 9. Anhang

### Lebenslauf

Name, Vorname: KLEINSCHMIDT, MICHAEL

Geburtsdatum: 02.03.1980

Geburtsort: Karl-Marx-Stadt, Sachsen

Mutter: Dr.med. Anette Kleinschmidt (Kinderärztin)

Vater: Dr. med. Eckhard Kleinschmidt (Radiologe)

Familienstand: ledig

1986 – 1988: Johannes-R.-Becher-Oberschule in Karl-Marx-Stadt

1988 – 1992: Geschwister-Scholl-Oberschule in Limbach-Oberfrohna

1992 – 1996: Gymnasium „Albert-Schweitzer“ in Limbach-Oberfrohna

1996 – 1997: Troy-Buchanan High School in Troy, Missouri, USA  
mit Abschluss High School Diploma

1997 – 1999: Europäisches Gymnasium in Waldenburg mit Abschluss Abitur

1999 – 2000: Zivildienst - Deutsches Rotes Kreuz

2001 – 2006: Studium der Humanmedizin an der Friedrich-Schiller-  
Universität Jena

2007 – 2008: Praktisches Jahr in Bozen (Italien), Chemnitz und Kuala Lumpur  
(Malaysia)

Juni 2008: Hochschulabschluss: Staatsexamen mit dem Prädikat „gut“  
Approbation als Arzt

seit Okt. 2008: Assistenzarzt in der Radiologie am Klinikum Chemnitz

## **Danksagung**

Ich möchte mich bei allen Personen bedanken, die mir bei der Entstehung dieser Arbeit zur Seite standen.

Allen voran möchte ich mich bei meiner Betreuerin Frau Dr. Hipler bedanken, die die Arbeit durch Ihre konstruktiven Vorschläge zu einem erfolgreichen Abschluss führte.

Großer Dank gilt auch meinen Eltern, Großeltern und meiner Schwester Carolin, die über die ganze Zeit geduldige Zuhörer, Motivatoren und Ratgeber gewesen sind und alle auf ihre Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Meinen Eltern danke ich ganz besonders für die jahrelange liebevolle Unterstützung, ihre Kraft und den Rückhalt während meiner gesamten Ausbildung.

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der kritischen Durchsicht des Manuskriptes unterstützt haben:

Frau Dr. Hipler,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift des Verfassers