

1 ANHANG

1.1 Literatur

ARMANT, D.R., RUTHERFORD, C.L.: *Properties of a 5'-AMP specific nucleotidase which accumulates in one cell type during development of Dictyostelium discoideum.*

In: Arch. Biochem. Biophys., 1982, 216, S. 485-494

ARMANT, D.R., STETLER, D.A., RUTHERFORD, C.L.: *Cell surface localization of 5'-AMP nucleotidase in prestalk cells of Dictyostelium discoideum.*

In: J.Cell Sci., 1980, 45, S. 119-129

ASHBY, R.E., STACEY, K.A.: *Stability of F-Trim in populations of a recombinant-deficient strain of Escherichia coli in continuous culture.*

Antonie van Leeuwenhoek 1984, 50, S. 125-134

BALOWS, A.; TRÜPER, H. G.; DWORKIN, M.; HARDER, W.; SCHLEIFER, K.-H.: *The Prokaryotes; Second edition; A handbook on the biology of bacteria: Ecophysiology, isolation, identification, applications.*

Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1992

BEGON, M.; MORTIMER, M.; THOMPSON, D. J.: *Populationsökologie.*

Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1997

BLATTNER, F.R., PLUNKETT, G. 3rd, BLOCH, C.A., PERNA, N.T., BURLAND, V., RILEY, M., COLLADO-VIDES, J., GLASNER, J.D., RODE, C.K., MAYHEW, G.F., GREGOR, J., DAVIS, N.W., KIRKPATRICK, H.A., GOEDEN, M.A., ROSE, D.J., MAU, B., SHAO, Y.: *The complete genome sequence of Escherichia coli K12.*

In: Science, 1997, 277 (5331), S. 1453-1474

BÖNIGK, J., STADTLER, P., WIEDLROITHER, A., HAHN, M.W.: *Strain-specific differences in the grazing sensitivities of closely related ultramicrobacteria affiliated with the Polynucleobacter cluster.*

In: Appl. Environm. Microbiol., 2005, 70, S. 5787-5793

BONOMI, A.; FREDRICKSON, A. G.: *Protozoan feeding and bacterial wall growth.*

In: Biotech. Bioeng. 1976, 18, S. 239-252

ANHANG

BONNET, J.L.; BOGAERTS, P.; BOHATIER, J.: *Biological treatment of whey by Tetrahymena pyriformis and impact study on laboratory-scale Abfallbehälterwater lagoon process.*

In: Chemosphere 1999, 38 (13), S.2979-2993

CANALE, R. P.: *An analysis of models describing predator-prey interaction.*

In: Biotech. Bioeng. 1970, 7 , S. 353-378

CANALE, R. P.; LUSTIG, T. D.; KEHRBERGER, P. M.; SALO, J. E.: *Experimental and mathematical modeling studies of protozoan predation on bacteria.*

In: Biotech. Bioeng.1973, 15, S. 707-728

CHING, J.C., JONES, N.L., CEPONIS, P.J., KARMALI, M.A., SHERMAN, P.M.: *Escherichia coli shiga like toxins induce apoptosis and cleavage of poly(ADP-ribose) polymerase via in vitro activation of caspases.*

In: Infect Immun., 2002, 70 (8), S. 4669-4677

COSTENBADER, C.J.; BURCHARD, R.P.: *Effect of cell length on Gliding Motility of Flexibacter.*

In: Journ. of Bact., 1978, 133, S.1517-1519

COOPER, V.S.; LENSKI, R.E. : *The population genetics of ecological specialization in evolving Echerichia coli populations.*

In: Nature, 2000, 407, S.736-739

CURDS, C. R.: *The ecology and role of protozoa in aerobic sewage treatment processes.*

In: Ann. Rev. Microbiol. 1982, 36, S. 27-46

CURDS, C. R.; VANDYKE, J. M.: *The feeding habits and growth rates of some freshwater ciliates found in activated-sludge plants.*

In: J. appl. Ecol. 1966, 3, S. 127-137

DENT, V.E., BAZIN, M.J., SAUNDERS, P.T.: *Behaviour of Dictyostelium discoideum amoebae and Escherichia coli grown together in chemostat culture.*

In: Arch. Microbiol. 1976, 1-2, S. 187-194

DYKHUIZEN, D.E.: *Chemostats used for studying natural selection and adaptive evolution.*

In: Meth. Enzymol. 1993, 224, S.613-631

ANHANG

DRAKE, J.F.; TSUCHIYA, H.M.; JOST, J.L.; FREDRICKSON, A.G.: *Predator Prey Interactions of Dictyostelium discoideum and Escherichia coli in Continuous Culture.*
In: Journ. Of Bacteriol. 1972, Vol. 110, S.1147-1153

DRAKE, J.F.; TSUCHIYA, H.M.: *Predation on Escherichia coli by Colpoda steinii*
In: Appl. Environm. Microbiol. 1976, Vol.31, No.6, S. 870-874

ELTON, C., NICHOLSON, M.: *The ten year cycle in numbers of the lynx in Canada.*
In: Journal of Animal Ecology 1942, 11, S. 215-244

EDELSTEIN-KESHET, L.: *Mathematical Models in Biology*
In: Random House, New York, 1988

FERNANDEZ-LEBORANS, G.; NOVILLO, A.: *The effects of cadmium on the succional stages of freshwater protozoa community.*
In: Ecotoxicol. Environm. Safety 1995, 31, S. 29-36

FRANKE, J. KESSIN, R.: *A defined minimal medium for axenic strains of Dictyostelium discoideum.*
In: Proc. Natl. Acad. Sci. U.S. 1977, A74, S. 2157-2161

FREDRICKSON, A. G.: *Behavior of mixed cultures of microorganisms.*
In: Ann. Rev.
Microbiol. 1977, 31, S. 63-87

GERISCH: *Entwicklung von D. discoideum* (Begleitveröffentlichung)
In: Institut für den wissenschaftlichen Film 1963, C 876/1963, S.8

GILRON, G., LYNN, D.H.: *Ciliated protozoa as test organisms in toxicity assessments.*
In: Wells, P.G.; Lee, K. Blaise (eds.): *Microscale testing in aquatic toxicology.*
Advances, techniques and practise. CRC press, 1989, S. 323-336

GREENE, R.C.: In: *Escherichia coli and Salmonella*
1996 ASM Press, Washington, DC, S.542-560

GREENMAN, J.V.; BENTON, T.G., BOOTS, M.; WHITE, A.R.: *The evolution of oscillatory behavior in age-structured species.*
In: Am Nat. 2005, 166(1), S. 68-78

ANHANG

GÜDE, H.: *Grazing by protozoa as selection factor for activated sludge bacteria.*
In: Microb. Ecol. 1979, 5, S. 225-237

GÜDE, H.; HAIBEL, B.; MÜLLER, H.: *Development of planctonic bacteria populations in water column of Lake Constance.*
In: Arch. Hydrobiol, 1985, 105, S. 59-77

GURIJALA, K. R.; ALEXANDER, M.: *Effect of growth rate and hydrophobicity on bacteria surviving protozoan grazing.*
In: Appl. Environ. Microbiol. 1990, 56 (6), S. 1631-1635

HABTE, M.; ALEXANDER, M.: *Mechanisms of persistence of low numbers of bacteria preyed upon by protozoa.*
In: Soil Biol. Biochem. 1978a, 10, S. 1-6

HABTE, M.; ALEXANDER, M.: *Protozoan density and the coexistence of protozoan predators and bacterial prey.*
In: Ecology 1978b, 59 (1), S. 140-146

HAHN, M. W.; HÖFLE, M. G.: *Grazing pressure by a bacterivorous flagellate reverses the relative abundance of Comamonas acidovorans PX54 and Vibrio strain CB5 in chemostat cocultures.*
In: Appl. Environ. Microbiol. 1998, 64 (5), S. 1910-1918

HAHN, M. W.; MOORE, E. R. B.; HÖFLE, M. G.: *Bacterial filament formation, a defense mechanism against flagellate grazing, is growth rate controlled in bacteria of different phyla.*
In: Appl. Environ. Microbiol. 1999, 65 (1), S. 25-35

HANTULA, J.; BAMFORD, D.H.: *The efficiency of the protein-dependend flocculation of Flavobacterium sp. is sensitive to the composition of growth medium.*
In: Appl. Microbiol. Biotechnol. 1991, 36, S. 100-104

HANSEN, S.R.; HUBBELL, S.P.: *Single-nutrient microbial competition: qualitative agreement between experimental and theoretical forecast outcomes.*
In: Science 1980, 207, S.14191-1493

HELLING, R.B., KINNEY, T., ADAMS, J.: *The maintenance of plasmid-containing organisms in populations of Escherichia coli.*
In: J. Gen. Microbiol. 1981, 111, S. 129-141

ANHANG

JEON; K.W.: *Bacterial endosymbiosis in amoeba.*
In: Trends Cell Biol. 1995, Vol.5 Nr.3, S. 137-40

JEON, T.C., JEON, K.W.: *Gene switching in Amoeba proteus caused by endosymbiotic bacteria.*
In: Journ. Of Cell Science 2003, Vol 117, S. 535-543

JOST, J. L.; DRAKE, J. F.; TSUCHIYA, H. M.; FREDRICKSON, A. G.: *Microbial Food Chains and Food Webs.*
In: J. Theor. Biol. 1973b, 41, S. 461-484

JÜRGENS, K.; GÜDE, H.: *The potential importance of grazing-resistant bacteria in planktonic systems.*
In: Mar. Ecol. Prog. Ser. 1994, 112, S. 169-188

KOTELNIKOW, V.A.: *On the transmission capacity of 'ether' and wire in electrocommunications*
In: Lzd. Red. Upr. Svyazzi RKKA 1933.

KUBITSCHKEK, H.E.: *Introduction to research with continuous culture.*
In: Edited by Prentice-Hall 1970

KOTESWARA, R.; MARTIN, A.: *Effect of Growth Rate and Hydrophobicity on Bacteria Surviving Protozoan Grazing.*
In: Appl. Environm. Microbiol. 1990 Vol.56, No.6, S. 1631-1635

LENSKI, R.E., TRAVISANO, M.: *Dynamics of adaptation and diversification: a 10.000-generation experiment with bacterial populations.*
In: Proc Natl. Acad. Sci USA 1994 Jul 19;91 (15) S.6808-14

LAMPERT, W.; SOMMER, U.: *Limnoökologie.*
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1993

LARSEN, D.H.; DIMMICK, R.L.
In: Journ. Of Bacteriology Vol.88, S.1380

LOTKA, A.J.: *Elements of Physical Biology*
In: The Williams an Wilkins Co., Baltimore, Md., 1925

ANHANG

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J.: Brock, *Biology of microorganisms*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1997

MARLIERE, P., MUTZEL, R.: *Verfahren und Vorrichtung zur Selektion beschleunigter Proliferation lebender Zellen in Suspension*. 1999, Pat.Nr.: DE29821682U1

MARLIERE, P., MUTZEL, R., BELLALOU, J.: *Long term adaptation of a microbial population to a permanent metabolic constraint: overcoming thymineless death by experimental evolution of Escherichia coli*. In: BMC Biotechnology 2001, 1, S.10

MATZ, C.; DEINES, P.; BÖNIGK, J.; ARNDT, H.; EBERL, L.; KJELLEBERG, S.; JÜRGENS, K.: *Impact of Vioplacin-Producing Bacteria on Survival and Feeding of Bacterivorous Nanoflagellates*. In: Appl. and Environm. Microbiol. 2004, 70, S.1593-1599

MATZ, J.; JÜRGENS, K.: *High motility reduces grazing mortality of planktonic bacteria*. In: Appl. and Environm. Microbiol. 2005, 71, S.921-929

MONOD, J.: *La technique de culture continue, théorie et applications*. In: Ann. Past. Inst. Pasteur (Paris), 1950, 79. S. 390-410

MUNSON, R.J.: *Methods in Microbiology*
In: Academic Press 1970, Vol. 2.

MUNSON, R. J.; BRIDGES, B. A.: *"Take-over" - an unusual selection process in steadystate cultures of Escherichia coli*. In: J. Gen. Microbiol. 1964, 37, S. 411-418

MURRAY, R. G. E.; BRENNER, D. J.; BRYANT, M. P.; HOLT, J. G.; KRIEG, N. R.; MOULDER, J. W.; PFENNIG, N.; SNEATH, P. H. A.; STALEY, J. T.: *Bergeys manual of systematic bacteriology; Vol. 1*. Baltimore, London: Williams and Wilkins, 1984

MUTZEL, R., BÄUERLE, A., MARLIERE, P.: *Acquisition of a novel pathway of L-methionine catabolism of E.coli in the presence of a microbial predator*. In: Nicht veröffentlicht

NEIDHARDT, F.C.: *Escherichia coli and Salmonella*. In: Cellular and molecular Biology, 1987, 2nd edition

ANHANG

NOVICK, A.; SZILARD, L. : *Description of the chemostat.*
In: Science 1950, 112, S.715-716

ODUM, E. P.: *Ökologie.*
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1999

PAVLOU, S.: *Dynamics of a chemostat in which one microbial population feeds on another.*
In: Biotech. Bioeng. 1985, 27, S. 1525-1532

PIMENTEL D.: *Population regulation and genetic feedback. Evolution provides foundation for control of herbivore, parasite, and predator numbers in nature.*
In: Science 1968, 822, S. 1432.1437

PIRT, S.J.: *Principles of microbe cultivation*
In: Edited by Blackwell 1975

RATNAM, D. A.; PAVLOU, S.; FREDRICKSON, A. G.: *Effects on attachment of bacteria to chemostat walls in a microbial predator-prey relationship.*
In: Biotech. Bioeng. 1982, 24, S. 2675-2694

RATSAK, C.H.; MAARSEN, K.A.; KOOIJMAN, S.A.L.M.: *Effects of Protozoa on Carbon Mineralization in Activated Sludge.*
In: Wat.Res. 1996,1,S.1-12

SHANNON, C.E.: *A mathematical theory of communication*
In: Bell System Technical Journal 1948, 27, S. 379-423, 623-656

SCHLEGEL, H. G.: *Allgemeine Mikrobiologie.*
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 1992

SIBBALD, M. J.; ALBRIGHT, L. J.: *Aggregated and free bacteria as food sources for heterotrophic microflagellates.*
In: Appl. Environ. Microbiol. 1988, 54 (2), S. 613-616

TOPIWALA, H. H.; HAMER, G.: *Effect of wall growth in steady-state continuous cultures.*
In: Biotech. Bioeng. 1971, 13, S. 919-922

ANHANG

TSUCHIYA, H.M.; DRAKE, J.L.; JOST, J.L.; FREDRICKSON, A.G.: *Predator-Prey Interactions of Dictyostelium discoideum and Escherichia coli in Continuous Culture*
In: Journ. Of Bacteriol. 1972, Vol.110, Nr.3, S.1147-1153

VAN DEN ENDE, P.: *Predator-Prey interactions in continuous culture.*
In: Science 1973,181, S. 562-564

VOLTERRA, V.
In: Mem.Acad.Lineii Roma,1926, 2, S.31

WHITTAKER, E.D.: *A History of the Theories of Aether and Electricity, from the Age of Descartes of the Close of the Ninetennth Century.*

WATTS, D.J., ASHWORTH, J.M.: *Metabolism of the cellular slime mold Dictyostelium discoideum in axenic culture.*
In: Biochem J. 1970, 119 (2), S. 175-182

YAMAMOTO, E.T., MIZUNO, M., ISHIKAWA, K., MIYAZAWA, S., ZHANG, L., MATSUO, S, NATORI, Y.: *Shiga toxin 1 causes direct renal injury in rats.*
In: Infect. Immun. 2005, 73 (11), S. 7099-7106.

YOSHIDA, T.; JONES, L.E.; ELLNER, S.P.; FUSSMANN, G.F.; HAIRSTON, N.G.: *Rapid evolution drives ecological dynamics in a prey-predator system.*
In: Nature, 2003, 424, S.303-306

ZUHAIR NUMAN, W.A., VENABLES, W.A., WIMPENNY, W.T.: *Competition between strains of Escherichia coli with and without plasmid RP4 during chemostat growth.*
In: Can. J. Microbiol. 1991, 37, S.509-512

1.2 Änderung des Programmierablaufs

Infolge der veränderten Topologie wurde es notwendig das Programmierschema der Anlage zu ändern. Um zu verhindern, dass bei der Sterilisation der Anlage Natronlauge und Puffer in das Probenentnahmesystem läuft, musste sichergestellt werden, dass Ventil **IN** während des Waschens verschlossen ist. Ventil **M** entlässt während des Waschens die zu Sterilisation und Neutralisation notwendigen Reagenzien in den Abfallbehälter. Durch die Ergänzung der Anlage um das stromlos offene Ventil **N!**, welches den Durchfluss der Abfallbehälter-Leitung reguliert, wurde der Probenzulauf außerhalb der Sterilisation und Neutralisation der Anlage gesichert. Das stromlos geschlossene Ventil **M** öffnet im eben erwähnten Waschzyklus und verhindert das Auswaschen der Kultur aus dem Reaktorgefäß. Umbau und Programmierung beider Ventile stellen sicher, dass in stetigen Intervallen (3h) ausreichend Probenmaterial in den Probenzulauf gelangen, um eine zuverlässige Analyse der Kultur zu ermöglichen. Die Programmierung des Ventils **K** entlässt anstelle der bisher verwendeten drei Sekunden Intervalle alle drei Stunden ein Nährmediumsvolumen von 1,0 ml (Lauf 3), 2,0ml (Lauf 1) und 2,7ml (Lauf 3) in einem Schub in den Reaktor **P**.

Um zu verhindern, dass der Reaktor durch den schubförmigen Nährmediumszulauf überläuft und die Kultur aus **P** gedrückt wird, wurde Leitung **32** mit einem Innendurchmesser von 2,0 mm und Leitung **30** mit einem Innendurchmesser von 5,0 mm ausgestattet. Unter diesen Druckverhältnissen wird ein etwaiger Überschuss an Medium nach oben aus dem Reaktor geblasen, anstatt in den Abfallbehälter abzufließen. Die Weiterleitung der Probe in den gekühlten Probensammler konserviert den Zustand der Kultur in dem Moment der Probenentnahme. Die Proben können im Probensammler bis zu 72h aufbewahrt werden, bevor sie analysiert werden. Die Kopplung von Probenentnahme und Kühlung sorgt für eine engmaschige Kontrolle der kultivierten Organismen.

Das entsprechend veränderte Programmierschema für Kanal 8 befindet sich umseitig (grau unterlegt). Schaltplan und Programmierschema der Anlage:

ANHANG

Legende:

`Ch`

Es existieren 8 Kanäle (Ch 1-8) mit denen die 14 Ventile (**A-N**) der Anlage bedient werden. Jedem Kanal (außer Kanal 1) sind 2 Ventile zugeordnet (Ventil-Zustand: 1=aktiv, 0=inaktiv). Der linke Kanal bedient das im Programmierschema oben stehende, der rechte das unten stehende Ventil. Es existieren zwei Zustände: stromlos offen und stromlos geschlossen. Beide Kanäle sind an je ein Relais angeschlossen für welche die folgenden Schaltungen möglich sind:

A, !B, ... !N

Bezeichnen die angeschlossenen Ventile. Beispiel: Ventil **A**. ist ein stromlos geschlossenes Ventil, es ist aktiviert (Zustand = `1`) und öffnet, wenn es mit Strom versorgt wird. Ventil **!B** ist ein stromlos offenes Ventil, es ist im inaktiven Zustand (=0) geöffnet. Erst mit der Aktivierung (=1) schließt es.

`N`, `L`, `R`, `B`

Geben den Zustand der beiden Kanäle eines Relais an. Hierbei bedeutet :
(N)one: beide Ventile ohne Strom (stromlose Ventile **!B !C !M** sind offen!)
(L)eft: linkes Ventil bekommt Strom
(R)ight: rechtes Ventil bekommt Strom
(B)oth: beide Ventile bekommen Strom

`Stat`, `sec` und `Pos`

Gibt den Status (Stat) des Programms zu jeder Zeit (sec) bei dem Durchlaufen der Positionen (Pos) **0-24** an. Es bedeuten:

s=save (Sicherheitsmodus, Kultur wird belüftet), **h**=hold (gibt die Gesamtlaufzeit jedes Relais an), **t**= transfer (Kultur wird von P nach Q transferiert), **f**= fill (Reaktor wird mit Natronlauge, bzw Puffer befüllt), **p**= purge (Reaktor und Leitungsabschnitte werden mit Natronlauge, bzw. Puffer durchspült), **i**= incubate (Natronlauge wirkt auf Leitungen und Reaktoren ein, ohne bewegt zu werden), **e,q**= empty (Natronlauge, bzw Puffer werden durch Luftdruck aus der Anlage entfernt).

ANHANG

Ch		Pos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1		sec		10779	1																							
1		Rel		L	R																							
		Stat	s	h	t	f	p	i	e	q	f	p	i	e	q	h	t	f	p	i	e	q	f	p	i	e	q	
2	A		0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	IB		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	
2		Rel		N	N	N	L	L	N	N	N	L	L	N	N	N	B	N	N	N	R	R	N	R	N	R	R	
2		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
3	IC		1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3		Rel		N	L	N	L	L	L	N	N	L	L	L	N	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
3		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
4	IE		1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
4	F		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
4		Rel		N	R	L	L	L	N	L	L	L	L	N	L	N	R	N	N	N	R	N	N	N	N	R	N	
4		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
5	G		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	H		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5		Rel		N	N	N	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
5		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
6	I		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	J		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
6		Rel		N	N	N	N	N	N	N	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	R	R	N	N	N	
6		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
7	K		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	L		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7		Rel		L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
7		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
8	M		1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	N		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8		Rel		R	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
8		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	
8	M		0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	IN		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8		Rel	N	N	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	R	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
8		sec		85536	50	70	10	214	60	10	50	10	10	60	10	0	50	70	0	10	60	0	50	0	10	60	0	

ANHANG

1.3 Darstellung und Beschreibung der Kleinen Welle

Schwingungsanalyse von Lauf 1.1.

(ohne Biofilm Dd= 0,27 ab 1.7.20055)

Gesamtlaufzeit: 822 h = 34 d 6h (in dieser Zeit 18 Oszillationen) Zur besseren Darstellung der Räuber/Beute Interaktion wurde die Ursprungskurve in 9 Abschnitte aufgeteilt und individuell skaliert. Jeder Abschnitt stellt 30 Werte dar und erstreckt sich über einen Zeitraum von 90 Stunden. Eine Oszillation muss hier definitionsgemäß vier Werte aufweisen, zwischen Minimum und Maximum also mindestens ein Wert liegen.

Os. Nr.	Abschnitt	Os.-Dauer [h]	zeitl .Shift [h]	Phasenshift[°]	OD600 MW	D.d.Z/ml MW
1	1	9	6	180	1,58	9790
2		9	6	90-180		
3		9	3	90		
4	2	12	0	0	1,61	28033
5		18	0	0		
6		9	0	0		
7		9	3	90		
8	3	21	0	0	0,85	13468
9		18	6	90		
10		12	3	90		
11	4	9	3	90	1,08	8938
12		12	(15 ?)	0		
13	5	15	9	90	1,08	1941
14	6	18	0	0	1,3	1584
15		15	15	180		
16		12	0	0		
17	7	9	9	90-180		
18	8	9	9	90-180		
19	9	-	-	-	1,39	0
MW:		12 h 30 min	7h 15 min	118°64'		

ANHANG

Schwingungsanalyse von Lauf 1.2.

(mit Biofilm Dd= 0,27 ab 23.9.2005)

Gesamtlaufzeit: 921 h = 38 d 8h (in dieser Zeit 11 Oszillationen) Die durchschnittliche Oszillationsdauer beträgt 11h 32min. Die zeitliche Verschiebung in der beide Populationen auf einander reagieren beträgt durchschnittlich 8h 6min. Die Phasenverschiebung beträgt im Durchschnitt 94°50'.

Os. Nr.	Abschnitt	Os.-Dauer [h]	zeitl .Shift [h]	Phasenshift[°]	OD600 MW	D.d.Z/ml MW
1	1	9	3	90	1.56	13960
2		9	3	90		
3		15	6	90		
4	2	18	syn	0	1.28	7287
5		18	6	90		
6	3	9	15	90	1.3	1956
7		12	3	90		
8		24	15	90	1.65	41
	4	0	0	0		
	5					
9	6	12	6	90	1.64	20
10	7	12	12	90-180	1.56	50
11	8	15	12	90	1.63	450
12	9	0	0	0	1.41	10
13	10	0	0	0	1.54	10
MW:		11 h 32 min	8h 6 min	94,5°		

ANHANG

Schwingungsanalyse von Lauf 2.1.

(ohne Biofilm Dd= 0,57 ab 1.6.2004

Gesamtlaufzeit: 1080h = 45 d (in dieser Zeit 39 Oszillationen) Die durchschnittliche Oszillationsdauer beträgt 15h 29min. Die zeitliche Verschiebung in der beide Populationen auf einander reagieren beträgt durchschnittlich 8h 30 min. Die Phasenverschiebung beträgt im Durchschnitt 95.29°.

Os. Nr.	Abschnitt	Os.-Dauer [h]	zeitl .Shift [h]	Phasenshift[°]	OD600	D.d.Z/ml
1	2	12	9	90-180	3,55	12122
2		9	15	n.d		
3		12	9	90		
4		9	18	n.d		
5	3	9	6	90	2,66	6464
6		21	3	90		
7		18	9	90		
8		15	6	45-90		
9	4	9	0	90	1,5	9910
10		21	9	90		
11		9	0	0		
12		9	0	0		
13		9	0	0		
14	5	9	3	90	1,18	28193
15		18	3	90		
16		15	0	0		
17		21	9	45-90		
18		9	9	90		
19	6	18	9	90-180	1,19	46809
20		24	6	90-180		
21		12	0	0		
22	7	15	9	90	0,97	63270
23		12	6	90		
24		21	0	0		
25		15	0	0		
26	8	9	0	0	1,08	43400
27		9	9	90		
28		12	0	0		
29		12	0	0		
30		12	0	0		
31		9	0	0		
32	9	27	0	0	1,32	55052
33		18	0	0		
34		24	0	0		
35		15	0	0		
36		27	0	0		
37	10	35	0	0	1,48	3239
38		9	0	0		
39	11	9	3	90	1,85	12
	12	0	0	0	1,9	0
MW:		15h 29 min	8 h 30min	95,29		

ANHANG

Schwingungsanalyse von Lauf 2.2.

(mit Biofilm Dd= 0,57 ab 16.8.2004)

Gesamtlaufzeit: 1182 h = 49 d 6 h (in dieser Zeit 46 Oszillationen) Die durchschnittliche Oszillationsdauer beträgt 15h. Die zeitliche Verschiebung in der beide Populationen auf einander reagieren beträgt durchschnittlich 4h 39 min. Die Phasenverschiebung beträgt im Durchschnitt $9,78^\circ$

Os. Nr.	Abschnitt	Os.-Dauer [h]	zeitl .Shift [h]	Phasenshift[°]	OD600 MW	
1	2	15	9	0		
2	9	9	90-180	1,54		
3	9	9	90			
4	21	0	0			
5	3	12	0	0	1,14	
6	9	0	0			
7	18	0	0			
8	12	9	90			
9	4	12	3	90	1,52	
10	12	6	90-180			
11	12	0	0			
12	12	6	90-180			
13	5	15	0		0	
14		15	3	90	1,41	
15	24	3	90			
16	15	6	0			
17	6	12	6		90	
18		18	6		90	
19		9	0	0	1,43	
20	7	12	3	90		
21		12	0	0		
22		9	3	90	1,17	
23		18	0	0		
24	8	12	3	90		
25		15	0	0		
26		9	0	0	1,42	
27		18	3	90	1,74	
28	9	12	3	90		
29		9	0	0		
30	10	9	0	0		
31		15	9	90-180		
32		9	0	0	1,7	
33		12	0	0		
34		9	3	90		
35	11	24	3	90		
36		12	0	0		
37		9	3	90	1,82	
38		12	0	0		
39	12	15	3	90		1,85
40		9	3	90-180		
41	13	15	3	90	1,7	

ANHANG

42	14	15	12	90-180	2,06
43		90	0	0	
44		15	9	90	
45		15	3	90	
46		12	0	0	
MW:		15h	4h39min	99,78	

Schwingungsanalyse von Lauf 3.1

Dd= 0,77 ab 31.1.2005)

Gesamtlaufzeit: 369 h = 15d 9 h (in dieser Zeit 8 Oszillationen) Die durchschnittliche Oszillationsdauer beträgt 10h 30min. Die zeitliche Verschiebung in der beide Populationen auf einander reagieren beträgt durchschnittlich 3h. Die Phasenverschiebung beträgt 90°.

Os. Nr.	Abschnitt	Os.-Dauer [h]	zeitl .Shift [h]	Phasenshift[°]	OD600	D.d.Z/ml
1	2	9	0	0	1,37	124435
2		9	0	0		
3		12	0	0		
4		9	3	90		
5	3	9	0	0	2,11	40
6		12	0	0		
7		15	0	0		
8		9	0	0		
9	4	0	0	0	2,3	0
MW:		10 h 30 min	3 h	90°		

ANHANG

Schwingungsanalyse von Lauf 3.2.

(mit Biofilm Dd= 0,74 ab 23.2.2005)

Gesamtlaufzeit: 1083 h = 45 d 3 h (in dieser Zeit 31 Oszillationen) Die durchschnittliche Oszillationsdauer beträgt 14h 20min. Die zeitliche Verschiebung in der beide Populationen auf einander reagieren beträgt durchschnittlich 8h 20min. Die Phasenverschiebung beträgt im Durchschnitt 104°.

Os. Nr.	Abschnitt	Os.-Dauer [h]	zeitl .Shift [h]	Phasenshift[°]	OD600 MW	D.d.Z/ml MW
1	1	9	6	90	2,07	
2	2	21	21	90-180	2,77	4547
3		12	0	0		
4		12	0	0		
5	3	12	0	0		
6		15	0	0	2,47	1110
7		12	0	0		
8		12	0	0		
9	4	18	0	0		
10		15	6	90-180	2,3	797
11		9	6	90-180		
12	5	12	0	0	2,27	118
13		9	9	90		
14		21	9	90		
15		21	0	0		
16	6	27	6	90-180	2,27	77
17	7	15	6	90	2,26	139
18	8	12	9	90	2,3	372
19		12	6	180-270		
20	9	18	0	0	2,44	161
21		12	3	90		
22		15	0	0		
23		12	9	90		
24	10	27	0	0	2,43	497
25		12	0	0		
26		15	12	90		
27		21	3	90		
	11	0	0	0	2,37	191
28	12	9	0	0	1,73	211
29		15	6	90		
30		15	0	0		
31		12	0	0		
MW:		14 h 20 min	8 h 20 min	104°		

ANHANG

Vergleich der Phasenverschiebung

Mit Lauf 2.1. als kleinster (90°) und Lauf 3.1. als größter Phasenverschiebung von im Mittel $118,64^\circ$ weisen die Oszillationen als Reaktion auf die Beute nur eine geringe Varianz auf.

Bei gleicher Verdünnungsrate nur mit Biofilm nimmt die Phasenverschiebung bei Lauf 3.2. ab, sie beträgt nur noch $94,5^\circ$. Mit Ausnahme von Lauf 3 ist die Phasenverschiebung der Suspensions-Läufe stets geringer als die der Adhäsions-Läufe: Lauf 1.1. ($95,29^\circ$), Lauf 1.2. ($99,78^\circ$) und Lauf 2.1. (90°), Lauf 2.2. (104°).

Vergleich der Schwingungsdauer

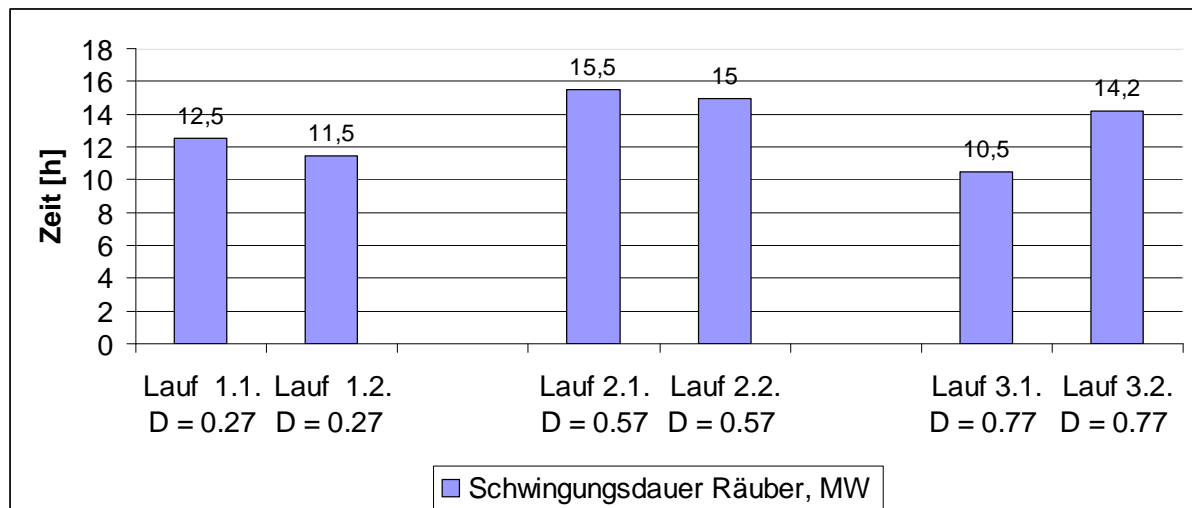


Abb.51: Schwingungsdauer von Räuberoszillationen innerhalb von R/B-Schwingungen

Die Dauer der Räuberoszillationen nach einer vorangegangenen Beuteoszillation schwankt zwischen 10h 30min (Lauf 3.1.) und 15h 30min (Lauf 2.1). Lauf 1 und 2 zeigen in sich nur geringe Abweichungen. So unterscheiden sich die Adhäsions-Läufe von den Suspensions-Läufen um eine Stunde (Lauf 1), bzw. dreißig Minuten (Lauf 2). Lediglich Lauf 3 zeigt in dieser Hinsicht eine Abweichung von vier Stunden.

Vergleich der zeitlichen Verschiebung

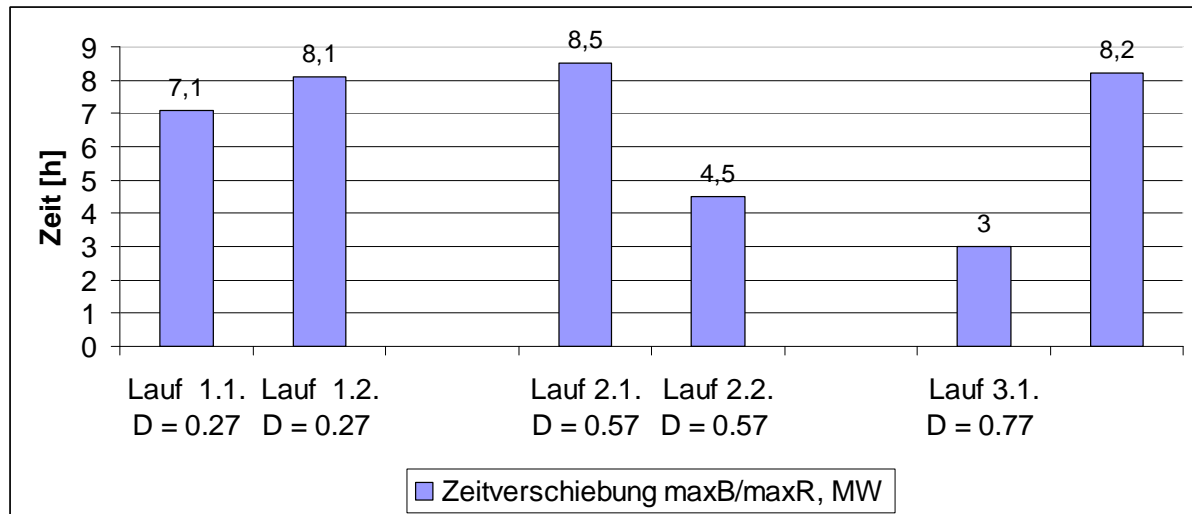


Abb.52: Vergleich der zeitlichen Verschiebung zwischen Beute- und Räubermaxima

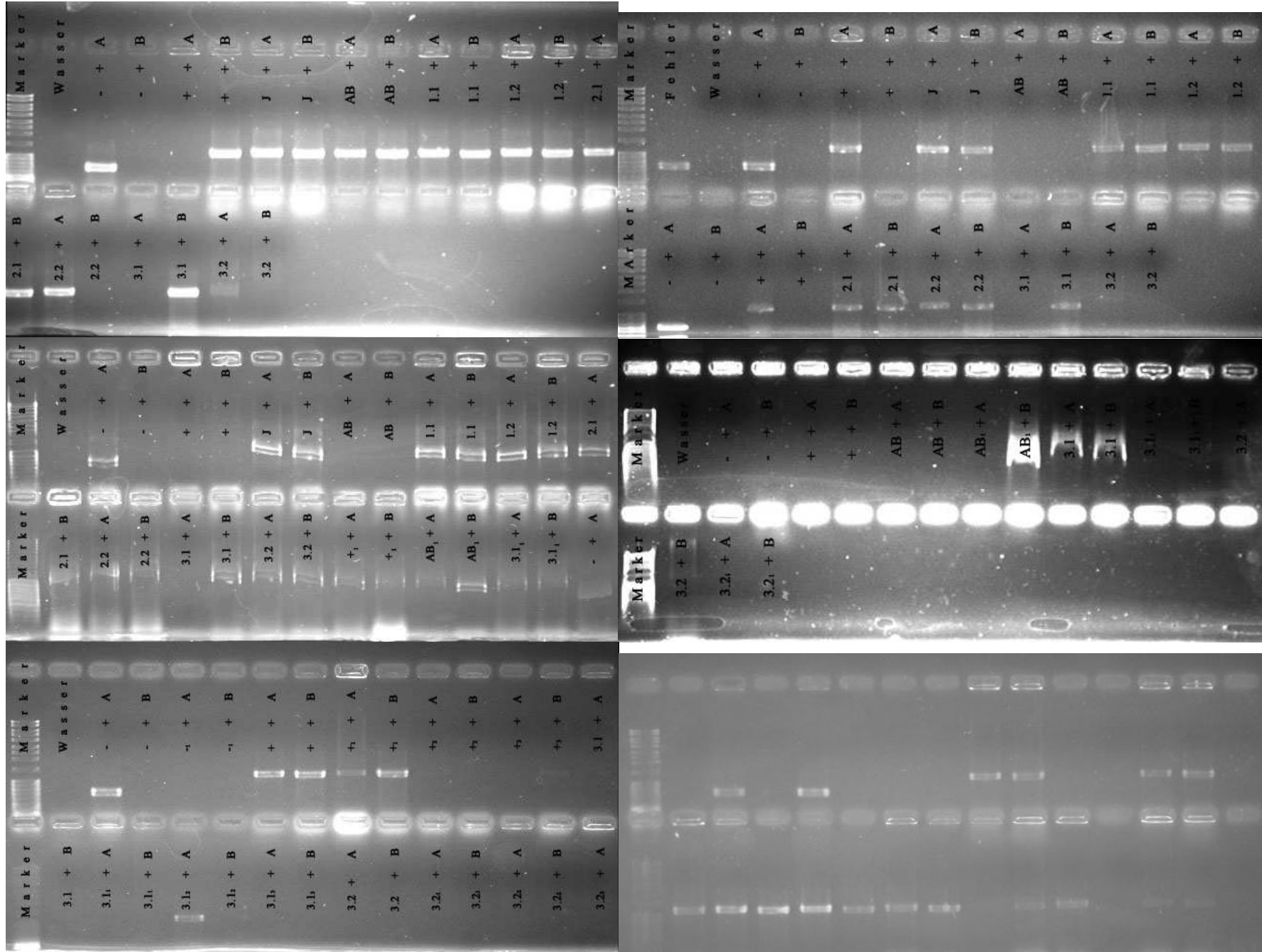
Die Zeit, die zwischen einem Maximum der Beute vergeht, bis ein Maximum des Räubers folgt, variiert von Lauf 3.1. (3h) bis zu Lauf 2.1. (8h30min). Nur Lauf 1 erscheint homogen: Im Suspensions-Lauf vergehen 7h 6min im Adhäsions-Lauf 8h 6min bis das Maximum der sich anschließenden Räuberoszillation folgt. Mit Biofilm reagieren die Räuber also eine Stunde später.

Lauf 2 variiert hingegen zwischen 8h 30min (Lauf 2.1.) und 4h 30min (Lauf 2.2.). Dieser Lauf weicht von den Läufen 3 und 1 dadurch ab, dass hier im Suspensions-Modus eine längere Zeit vergeht, bis die Räuber auf die Beute reagieren, als im Adhäsions-Modus. In Lauf 3 ist dieses Verhältnis umgekehrt: im Adhäsions-Lauf vergehen fünf Stunden mehr bis ein Maximum der Räuber auf das Maximum der Beute folgt.

1.4 Identifikation der Isolate aller Experimente

(nächste Seite)

ANHANG



Danksagung

Ich möchte mich besonders bei Prof. Dr. Rupert Mutzel bedanken, der mir das Vertrauen entgegengebracht und die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit in seinem Labor durchzuführen.

Ich wurde genug angeleitet, um selbständig zu sein und hatte in dieser Freiheit stets das Gefühl, begleitet zu werden.

Prof. Dr. Klaus Hausmann danke ich für die Begutachtung der Arbeit.

Ein großes Dankeschön geht an Sabine Sieboth, ohne deren Hilfe die tägliche Aufarbeitung der Proben und die Betreuung der Anlagen nicht zu bewältigen gewesen wäre.

Dr. Barbara Weissenmayer, Dipl. Ing. Angela Lahrz, Dr. Katrina Böckeler und Frau Kirschke begleiteten mich in allen wissenschaftlichen und menschlichen Lebenslagen. Ihnen danke ich für den humorvollen und trotzdem konstruktiven Umgang mit den Sonnen- und Schattenseiten des Laboralltags. Ralf Ottobölling danke ich stellvertretend für die Studentinnen und Studenten, die mit an dem Projekt gearbeitet haben.

Prof. Dr. Wolfgang Mackens und Dipl. Ing. Tim Steinhoff von der mathematischen Fakultät Hamburg-Harburg schärften durch zahlreiche Fragen und so manche Diskussion den Blick für das Detail.

Ich danke meiner Familie für ihr Verständnis mir gegenüber, gerade in der letzten Phase der Arbeit und allen Omas und Opas, die stets zur Stelle waren, wenn eines der Kinder krank wurde und ihre Hilfe brauchte.

„Was wir wissen ist ein Tropfen,
was wir nicht wissen – ein Ozean“

Sir Isaac Newton