

MAXIMIZING THE EFFICIENCY OF A
MASTER-PLANNED COMMUNITY

by

Alan Thomas Patterson

A dissertation submitted to the faculty of
The University of Utah
in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Doctor of Philosophy

Department of Mechanical Engineering

The University of Utah

May 2020

Copyright © Alan Thomas Patterson 2020

All Rights Reserved

The University of Utah Graduate School

STATEMENT OF DISSERTATION APPROVAL

The dissertation of Alan Thomas Patterson

has been approved by the following supervisory committee members:

Perry Cox , Chair 01/02/2019
Date Approved

Robert Kelso , Member 01/05/2019
Date Approved

John Michael Dorian , Member 01/06/2019
Date Approved

Elliot Reid , Member 04/12/2019
Date Approved

Christopher Turk , Member 03/29/2019
Date Approved

and by Seth Milchik , Chair of
the Department of Mechanical Engineering
and by Darryl P. Butt , Dean of The Graduate School.

ABSTRACT

There is some confusion as to exactly what nature writing is. It usually is associated with essays such as "Walden," but there is nature fiction, nature poetry, nature reporting, even nature drama, if television documentary narrations are literature. All these have something in common: They are appreciative esthetic responses to a scientific view of nature, and I think this trait defines the genre. Of course, there was much writing that concerned nature before Linnaeus developed scientific classification in the mid-18th century, but the fascination with nature itself that science evoked was new. Before Linnaeus, there were hunting stories, fables, herbals, bestiaries, pastorals, lyrics and traveler's tales, but nature generally was seen in only two dimensions. It was a backdrop to a historical cosmos, or a veneer over a religious one. Whether it was admired or scorned, the human figure stood in strong relief against it. After Linnaeus began to give even insects impressive Greco-Latin names, nature rapidly acquired a new substantiality, and became a subject as well as a setting. By the 1790s, an English country clergyman who a century or two before might have been writing theological treatises or metaphysical poems produced a book (Gilbert White's "The Natural History of Selborne") wherein history and religion were interwoven with, sometimes overshadowed by, beech trees and earthworms.

Gratefully dedicated to John Muir

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT	iii
LIST OF FIGURES	vi
ACKNOWLEDGMENTS	vii
PREFACE	viii
Chapters	
1 WHY NATURE WRITING	1
1.1 Introduction	1
1.2 1st-level subheading at top of page	3
1.3 This is a 1st-level subheading that is very very very very very very very very long	3
1.4 References	6
2 SECOND CHAPTER TITLE THAT IS VERY VERY VERY VERY VERY VERY VERY VERY VERY VERY LONG	7
3 “WAHRHAFTE UNENDLICHKEIT” DER RAUMZEIT	16
3.1 This is a dummy section heading	25
Appendices	
A THIS IS THE TITLE OF THE FIRST APPENDIX	36
B THIS IS THE TITLE OF THE SECOND APPENDIX	39

LIST OF FIGURES

Figures

2.1	This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole	8
2.2	This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole	9
3.1	This is a dummy figure caption	20
B.1	This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole	40
B.2	This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole	40
B.3	This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole	41
B.4	This is a figure caption	42

ACKNOWLEDGMENTS

Here are some sample acknowledgments.

PREFACE

Here is the preface.

CHAPTER 1

WHY NATURE WRITING

1.1 Introduction

Nature writing has been particularly prevalent in America, for an obvious reason. European colonists found here a world which was for them (if not for the Indians they displaced) empty of historical or religious association. In this world, they ignored nature itself at their own risk. The early Jamestown and Boston colonists succeeded in ignoring it to some degree, which perhaps is one reason they clung precariously to the coast for the first hundred years, but by Linnaeus's time, Americans had begun to observe nature closely, and to venture into the wilderness with appreciation.

1.1.1 First Observations

They observed in a piecemeal fashion at first, and ventured without too much appreciation. Early naturalists, such as Cadwallader Colden and John Bartram, were more interested in extracting rare, valuable plants and animals from the wilderness than in perceiving it as a whole, an attitude in keeping with the Linnaean bias for individual organisms over ecological systems (ecology not having been invented yet). Bartram, a Philadelphia Quaker who collected Venus'

flytraps and other curiosities for wealthy English patrons' gardens, saw the wolves and swamps of the wilderness as uncomfortable obstacles, and his descriptions of Florida and upstate New York in the 1750s and 60s reflect this. They are robust and accurate, but utilitarian.

1.1.1.1 Not quite nature writing

They are not quite nature writing as we understand it today, because an element of poetic sensibility is lacking from their genuine scientific interest.

1.1.1.1.1 This is a 4th-level subheading

1.1.1.1.1.1 This is your 5th-level subheading

1.1.1.1.1.1.1 This is your 6th-level subheading

1.1.1.1.1.1.1.1. This is your 7th-level subheading. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

1.1.1.1.1.1.1.1.1. This is your 8th-level subheading. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

1.1.1.1.1.1.1.1.1.1. This is your 9th-level subheading. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

1.2 1st-level subheading at top of page

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Tortor posuere ac ut consequat semper viverra nam libero justo. Sem et tortor consequat id porta nibh venenatis. Sed libero enim sed faucibus. Viverra justo nec ultrices dui sapien eget mi. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis. Vitae suscipit tellus mauris a diam maecenas sed enim ut. Turpis egestas pretium aenean pharetra magna ac. Eget nunc scelerisque viverra mauris in. Vitae justo eget magna fermentum. Feugiat in ante metus dictum at tempor commodo ullamcorper a. Enim diam vulputate ut pharetra.

Here is a sample quotation. Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis.

Interdum posuere lorem ipsum dolor. Venenatis lectus magna fringilla urna porttitor rhoncus dolor purus non.

1.3 This is a 1st-level subheading that is very

very very very very very very very long

Faucibus purus in massa tempor nec feugiat nisl pretium. Volutpat sed cras ornare arcu dui. Mollis nunc sed id semper risus. Amet risus nullam eget felis

eget. Aenean vel elit scelerisque mauris. Volutpat maecenas volutpat blandit aliquam etiam erat. Cras fermentum odio eu feugiat. Egestas sed sed risus pretium quam vulputate dignissim suspendisse. Ut eu sem integer vitae justo eget. Lectus sit amet est placerat in. Nunc non blandit massa enim nec dui nunc mattis. Ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam. Urna et pharetra pharetra massa massa ultricies mi. At varius vel pharetra vel turpis nunc eget. Tincidunt arcu non sodales neque sodales ut etiam. Amet risus nullam eget felis eget nunc lobortis. In est ante in nibh mauris cursus mattis molestie a.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat dui ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius dui at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

- List entries start with the `\item` command.
- The text in the entries may be of any length. The text in the entries may be of any length.
- Individual entries are indicated with a black dot, a so-called bullet.

Feugiat in ante metus dictum at tempor commodo ullamcorper a. Enim diam vulputate ut pharetra. Quam lacus suspendisse faucibus interdum posuere lorem ipsum dolor sit. Phasellus vestibulum lorem sed risus ultricies tristique nulla

aliquet. Donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada bibendum arcu.

1. Items are numbered automatically.
2. The numbers start at 1 with each use of the `enumerate` environment. The text in the entries may be of any length.
3. Another entry in the list

Ac feugiat sed lectus vestibulum mattis ullamcorper velit sed. Lectus arcu bibendum at varius vel pharetra. Tellus id interdum velit laoreet id donec ultrices. Interdum posuere lorem ipsum dolor. Venenatis lectus magna fringilla urna porttitor rhoncus dolor purus non.

Faucibus purus in massa tempor nec feugiat nisl pretium. Volutpat sed cras ornare arcu dui. Mollis nunc sed id semper risus. Amet risus nullam eget felis eget. Aenean vel elit scelerisque mauris. Volutpat maecenas volutpat blandit aliquam etiam erat. Cras fermentum odio eu feugiat. Egestas sed sed risus pretium quam vulputate dignissim suspendisse. Ut eu sem integer vitae justo eget. Lectus sit amet est placerat in. Nunc non blandit massa enim nec dui nunc mattis. Ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod.

$$5 + 7 = 12 \tag{1.1}$$

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod.

$$5 + 7 = 12$$

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod [1].

Placerat duis ultricies lacus sed [2]. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu [3]. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque [4]. Arcu dictum varius duis at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam [5]. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

1.4 References

- [1] M. Atencio, B. Beal, and C. Wilson, "The distinction of risk: Urban skateboarding, street habitus and the construction of hierarchical gender relations," *Qual. Res. Sport Exerc.*, vol. 1, no. 1, pp. 3–20, Jan. 2009.
- [2] M. Bernard, *Selling the Splat Pack: The DVD Revolution and the American Horror Film*. Edinburgh, UK: University of Edinburgh Press, 2014.
- [3] S. Coontz, *The Way We Never Were: American Families and the Nostalgia Trap*. New York, NY, USA: Basic Books, 1992.
- [4] C. M. Giesler, "Performance of gender and sexuality in extreme sports culture," Ph.D. dissertation, University of South Florida, Tampa, FL, USA, 2012.
- [5] M. S. Kimmel, "Masculinity as homophobia: Fear, shame, and silence in the construction of gender identity," in *Theorizing Masculinities*, H. Brod and M. Kaufman, Eds., Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications, 1994, pp. 119–141.

CHAPTER 2

SECOND CHAPTER TITLE THAT IS VERY VERY VERY

VERY VERY VERY VERY VERY VERY VERY VERY LONG

This chapter shows examples of how to properly embed figures/tables alongside text. Do note that we have highly constrained rules for this process and this is the most difficult of the placement options. Please refer to the Handbook for specifics.

Faucibus purus in massa tempor nec feugiat nisl pretium. Volutpat sed cras ornare arcu dui. Mollis nunc sed id semper risus. Amet risus nullam eget felis eget. Aenean vel elit scelerisque mauris. Volutpat maecenas volutpat blandit aliquam etiam erat. Cras fermentum odio eu feugiat. Egestas sed sed risus pretium quam vulputate dignissim suspendisse. Ut eu sem integer vitae justo eget. Lectus sit amet est placerat in. Nunc non blandit massa enim nec dui nunc mattis. Ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam. Urna et pharetra pharetra massa massa ultricies mi. At varius vel pharetra vel turpis nunc eget. Tincidunt arcu non sodales neque sodales ut etiam. Amet risus nullam eget felis eget nunc lobortis. In est ante in nibh mauris cursus mattis molestie a.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Placerat duis ultricies lacus sed. See Figure 2.1. Senectus et netus

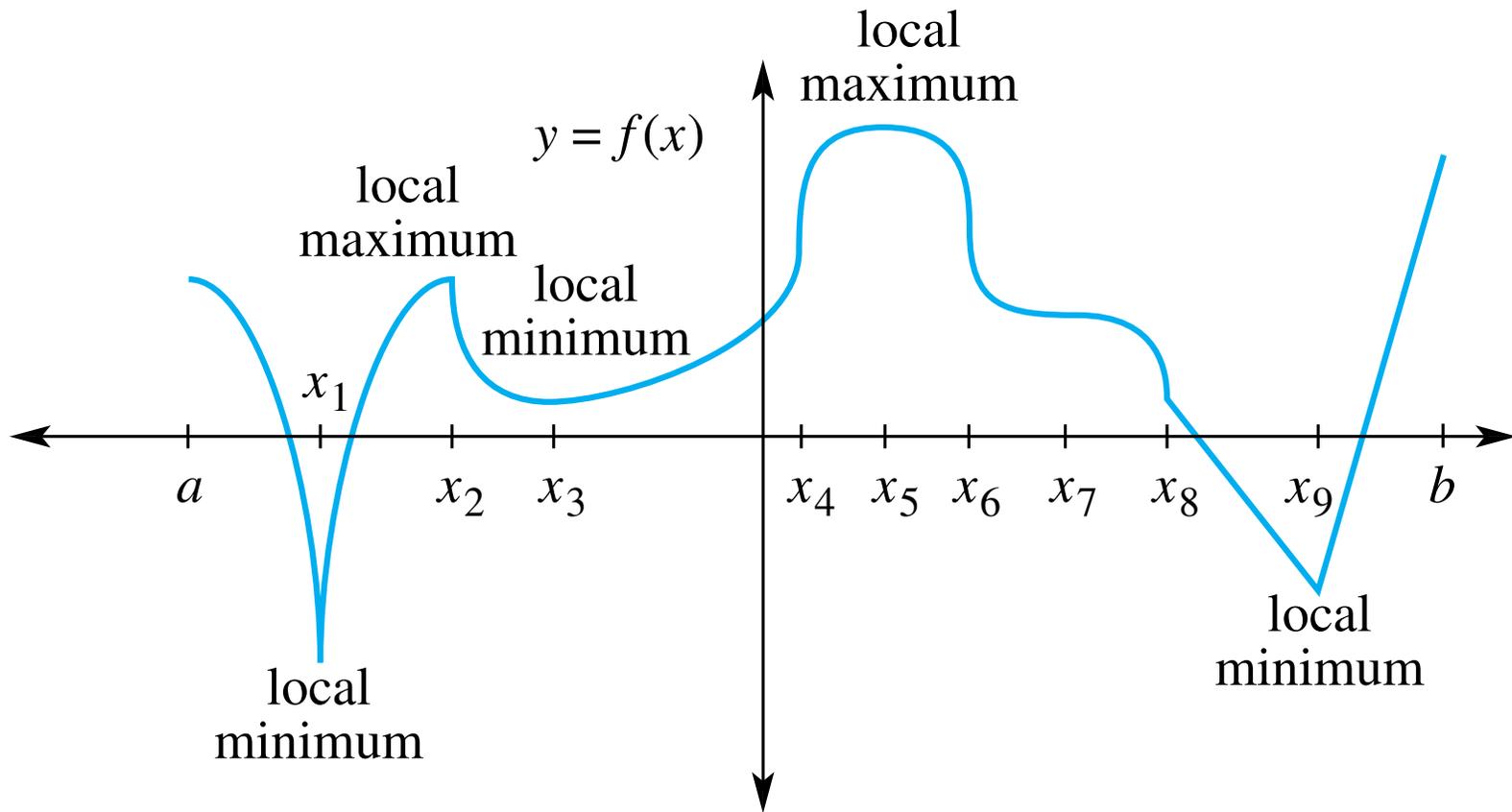


Figure 2.1. This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole. The second sentence could be something else.

et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit duis tristique sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus. See Figure 2.2.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Tortor posuere ac ut consequat semper viverra nam libero justo. Sem et tortor consequat id porta nibh venenatis. Sed libero enim sed faucibus. Viverra justo nec ultrices dui sapien eget mi. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis. Vitae suscipit tellus mauris a diam maecenas sed enim ut. Turpis egestas pretium aenean pharetra magna ac. Eget nunc scelerisque viverra mauris in. Vitae justo eget magna fermentum.

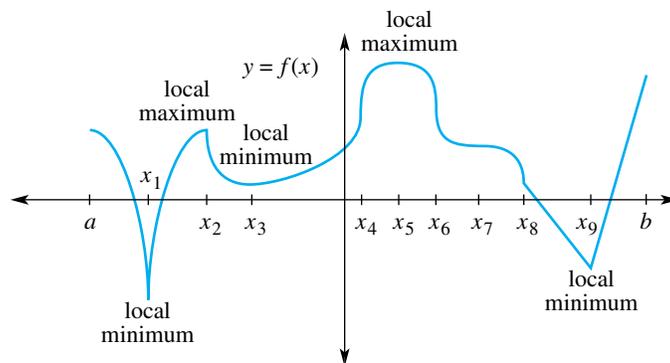


Figure 2.2. This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole. The second sentence could be something else.

Feugiat in ante metus dictum at tempor commodo ullamcorper a. Enim diam vulputate ut pharetra. Quam lacus suspendisse faucibus interdum posuere lorem ipsum dolor sit. Phasellus vestibulum lorem sed risus ultricies tristique nulla aliquet. Donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada bibendum arcu. Ac feugiat sed lectus vestibulum mattis ullamcorper velit sed. Lectus arcu bibendum at varius vel pharetra. Tellus id interdum velit laoreet id donec ultrices. Interdum posuere lorem ipsum dolor. Venenatis lectus magna fringilla urna porttitor rhoncus dolor purus non.

Faucibus purus in massa tempor nec feugiat nisl pretium. Volutpat sed cras ornare arcu dui. Mollis nunc sed id semper risus. Amet risus nullam eget felis eget. Aenean vel elit scelerisque mauris. Volutpat maecenas volutpat blandit aliquam etiam erat. Cras fermentum odio eu feugiat. Egestas sed sed risus pretium quam vulputate dignissim suspendisse. Ut eu sem integer vitae justo eget. Lectus sit amet est placerat in. Nunc non blandit massa enim nec dui nunc mattis. Ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam. Urna et pharetra pharetra massa massa ultricies mi. At varius vel pharetra vel turpis nunc eget. Tincidunt arcu non sodales neque sodales ut etiam. Amet risus nullam eget felis eget nunc lobortis. In est ante in nibh mauris cursus mattis molestie a.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat dui ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius dui at consectetur lorem donec massa.

Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices. See Table 2.1.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat duis ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius duis at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat duis ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius duis at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue

Table 2.1. This is your table caption.

Page	Required	Counted	Visible Page Number
Title Page	Mandatory	Yes	No
Copyright Page	Mandatory	No	No
Statment of Thesis/Dissertation Approval	Mandatory	Yes	No
Abstract	Mandatory	Yes	First page no, additional pages yes
Dedication	Optional	Yes	No
Frontispiece	Optional	Yes	No
Epigraph	Optional	Yes	No
Table of Contents	Mandatory	Yes	First page no, additional pages yes
List of Tables	Mandatory if between 5-25	Yes	First page no, additional pages yes
List of Figures	Mandatory if between 5-25	Yes	First page no, additional pages yes
List of Symbols/List of Abbreviations	Optional	Yes	First page no, additional pages yes
Acknowledgments	Optional	Yes	First page no, additional pages yes
Preface (includes Acknowledgments)	Optional	Yes	First page no, additional pages yes

ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique
sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed
velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in
cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus.

See Table 2.2.

Table 2.2. This is your table caption.

Player	Number	Position	Shoots	Born	Birthplace
Noel Acciari	55	C	R	Dec. 1, 1991	Johnston, RI, USA
Emil Bemström	52	C	R	Jun. 1, 1999	Nyköping, Sweden
Jeff Carter	77	C	R	Jan. 1, 1985	London, ON, Canada
Sidney Crosby	87	C	L	Aug. 7, 1987	Cole Harbour, NS, Canada
Lars Eller	20	C	L	May 8, 1989	Rodovre, Denmark
Jansen Harkins	43	C	L	May 23, 1997	Cleveland, OH, USA
Evgeni Malkin	71	C	L	Jul. 31, 1986	Magnitogorsk, Russia
Michael Bunting	8	LW	L	Sep. 17, 1995	Scarborough, ON, Canada
Matt Nieto	83	LW	L	Nov. 5, 1992	Long Beach, CA, USA
Drew O'Connor	10	LW	L	Jun. 9, 1998	Chatham, NJ, USA
Radim Zohorna	63	LW	L	Apr. 29, 1996	Havlíčkův, Czech Republic
Jesse Puljujärvi	18	RW	R	May 7, 1998	Älvkarleby, Sweden
Rickard Rakell	67	RW	R	May 5, 1993	Sundbyberg, Sweden
Bryan Rust	17	RW	R	May 11, 1992	Pontiac, MI, USA
Reilly Smith	19	RW	L	Apr. 1, 1991	Mimico, ON, Canada
Ryan Graves	27	D	L	May 21, 1995	Yarmouth, NS, Canada
Pierre-Olivier Joseph	73	D	L	Jul. 1, 1999	Laval, QC, Canada
Erik Karlsson	65	D	R	May 31, 1990	Landsbro, Sweden

Table 2.2 continued.

Player	Number	Position	Shoots	Born	Birthplace
Kris Letang	58	D	R	Apr. 24, 1987	Montréal, QC, Canada
John Ludvig	7	D	L	Aug. 2, 2000	Liberec, Czech Republic
Marcus Pettersson	28	D	L	May 8, 1996	Skellefteå, Sweden
Tristan Jarry	35	G	L	Apr. 29, 1995	Surrey, BC, Canada
Alex Nedeljkovic	39	G	L	Jan. 7, 1996	Parma, OH, USA

CHAPTER 3

“WAHRHAFTE UNENDLICHKEIT” DER RAUMZEIT

Hasinger, Günther. 2009. *Das Schicksal des Universums. Eine Reise vom Anfang zum Ende*. München.

Include any other relevant copyright information; review your publisher permissions. Add all 1st-level subheadings to the Table of Contents and figures/tables to their respective lists using the dummy functions.

ABHANDLUNGEN

Thomas Kelkel

„Wahrhafte Unendlichkeit“ der Raumzeit

Hegelsche Logik und moderne Kosmologie

ABSTRACT: This paper argues that Kant's dilemma of the antinomy of pure reason (in particular, concerning the 'first conflict') is an expression of a deficient conception of infinity as principled incompleteness that is still pervasive today. This incompleteness can only be thought as a rule/dynamic and not as an attribute that can be assigned to objects. For Kant, the antinomy arises from the apparent impossibility of conceiving of unboundedness and completeness/closedness in conjunction. This contradiction is also inherent in the ordinary understanding of infinity, which Hegel calls the merely 'bad-infinite'. It will be shown that Hegel's concept of 'true infinity' can offer a mediation of unboundedness and closedness and thus a way out of the dilemma by transforming the cyclical repetition into a closed circle. Furthermore, it is argued that the Hegelian figure of thought could also be capable of providing a solution to fundamental problems of epistemology and cosmology. It is shown that already on the current state of research of the natural sciences a 'true infinity' of space-time is conceivable.

I. Einleitung

Es ist wohl nicht übertrieben zu sagen, dass das Thema der (Un-)Endlichkeit, in impliziter oder expliziter Form, mindestens entscheidende Grundfragen der Philosophie berührt, wenn nicht sogar selbst eine Frage dieses Ranges darstellt. Entsprechend ist es nicht überraschend, sondern nur folgerichtig, dass der Gegensatz von

Endlichkeit und Unendlichkeit sowohl in der Philosophiegeschichte eine wichtige Rolle gespielt hat als auch heutzutage in so verschiedenen Gebieten wie naturwissenschaftlicher Kosmologie oder philosophischer Epistemologie präsent ist. Allerdings muss es vor diesem Hintergrund tatsächlich als erstaunlich angesehen werden, dass die verschiedenen Problemstellungen, die aus der Thematik erwachsen, trotz ihrer gemeinsamen logischen Grundstruktur, als völlig disparate Fragen betrachtet und behandelt werden. So wird nicht nur in der zeitgenössischen Kosmologie i. d. R. völlig unkritisch das Konzept einer quantitativen (schlechten) Unendlichkeit vertreten, auch innerhalb der Philosophie werden bspw. die epistemologische und die ontologische Frage nach der Unendlichkeit nur unzureichend aufeinander bezogen. In der Letztbegründungsdebatte des späten 20. Jahrhunderts war zwar (zu Recht) viel von infinitem Regress und Abbruch desselbigen, von zirkulären Strukturen und Selbstbegründung die Rede; jedoch weitestgehend ohne diese Bestimmungen bspw. in den Kontext der kantischen Antinomien und Hegels Reaktion hierauf zu stellen.

Im Folgenden soll argumentiert werden, dass es nicht nur eine gemeinsame logische Grundstruktur gibt, die den verschiedenen Problemstellungen, die sich am Verhältnis von Endlichkeit und Unendlichkeit entzünden, zugrunde liegt, sondern dass durch Hegel in Form des Konzepts der „wahrhaften Unendlichkeit“ eine allgemeine Lösung der Problematik auf logischer Ebene entwickelt wurde, die entsprechend auch auf die besonderen Fälle (Kosmologie und Epistemologie) erfolgreich übertragen werden kann.

Es wird daher zunächst in knapper Form die besagte Grundstruktur und Hegels Neubestimmung des Begriffs der Unendlichkeit erläutert werden. Die Relevanz für die epistemologische Frage soll hier nur angedeutet werden. Der inhaltliche Schwerpunkt dieses Beitrags ist die Darstellung, inwiefern vor dem Hintergrund des derzeitigen Forschungsstandes der Naturwissenschaften sowohl bezüglich des Raumes als auch der Zeit die hegelsche Bestimmung von „wahrhafter Unendlichkeit“ als physikalisch-kosmologische Realität denkbar ist.

II. Unendlichkeit und Zirkularität

„Die Philosophie entbehrt des Vortheils, der den andern Wissenschaften zu Gute kommt, ihre *Gegenstände*, als unmittelbar von der Vorstellung zugegeben, sowie die *Methode* des Erkennens für Anfang und Fortgang, als bereits angenommen, *voraussetzen* zu können.“ (GW 20: 39)

Diese Feststellung Hegels, mit welcher die Einleitung der *Enzyklopädie* beginnt, hat nichts an Aktualität verloren. Die Philosophie sieht sich vor das spezielle Problem gestellt, dass sie sich ihre Gegenstände und ihre Methode selbst geben und rechtfertigen muss. Selbst wenn mit dem einfachsten Begriff des völlig unbestimmten „reinen

Seins“ begonnen wird, muss zumindest dieser Begriff und die Methode des Fortgangs bzw. überhaupt das Denken als solches vorhanden sein. Die grundsätzliche Schwierigkeit dieses Zusammenhangs wurde von Albert als so genanntes „Münchhausen-Trilemma“ beschrieben: Jede Begründung, die für eine These angegeben wird, ist wiederum selbst begründungsbedürftig, um nicht den Charakter einer bloßen Behauptung zu besitzen. Dies führt also unmittelbar zu einem infiniten Regress, welcher nur durch einen willkürlichen Abbruch oder einen Zirkelschluss vermieden werden kann (Albert 1991, 15–17). Es müsste gewissermaßen eine „unendliche Anzahl“ an Begründungen angegeben bzw. überprüft werden, damit eine These als im vollen Sinne gerechtfertigt gelten kann. Da sich die Begründungsstruktur aufgrund ihrer Begrenztheit als unzureichend erweist, stellt sich die Frage, wie es eine unbegrenzte Form des Begründens geben kann, welche zugleich nicht mit einem infiniten Regress verbunden ist.¹

Was Raum und Zeit betrifft, verweist jeder endliche Bereich auf das, was jenseits seiner Grenze liegt. Mit der Endlichkeit ist notwendigerweise die Begrenzung gesetzt und diese kann ihre Begründung nur in einem daran angrenzenden Bereich finden, für welchen wiederum selbiges gilt, so dass wir auch hier die Figur des infiniten Regresses vorfinden. Auf Grundlage einer einfachen Vorstellung einer endlichen Raumzeit kann stets aufs Neue die Frage nach dem „davor“ bzw. „danach“ gestellt werden, so wie beim zuvor diskutierten Problem der Letztbegründung stets eine weitere Rechtfertigung der Prämissen verlangt werden kann.

Wie bereits deutlich wurde, verlangt die Struktur der dargestellten Problematik implizit nach einer scheinbar paradoxen Figur, welche Endlichkeit und Unendlichkeit vereint. Hegel untersucht dieses Begriffspaar in der *Wissenschaft der Logik* zunächst in seiner allgemeinen dialektischen Form: Die Endlichkeit, abstrakt genommen, bestimmt sich als Unendlichkeit, da sie ohne Ihren Gegenbegriff keine Begrenzung erfährt (GW 21: 123–125). Gäbe es lediglich die Endlichkeit, besäße die „Sphäre“ der Endlichkeit keine *Grenze*, sie wäre also *unbegrenzt*, d. h. *unendlich*. Die Unendlichkeit wiederum, als bloße Negation der Endlichkeit verstanden, ist durch diese (welche sie nicht ist) begrenzt und somit unmittelbar selbst ein Endliches, weshalb Hegel sie als das „Schlecht-Unendliche“ bezeichnet (GW 21: 126–127). Das „wahrhafte Unendliche“ ist hier die Gesamtbewegung, in der das Endliche und Schlecht-Unendliche als aufeinander bezogene Momente auftreten und das haltlose ineinander Übergehen zu einer ruhigen, in sich reflektierten Einheit zusammengefasst ist (GW 21: 127–136). Hierzu Hegel:

¹ Welche Folgen es hat, wenn diese Thematik nicht ernst genommen wird, lässt sich anhand des Zustandes der heutigen Philosophie ersehen, welcher, aufgrund der Dominanz der analytischen Tradition, durch ein abstraktes Vorgehen gekennzeichnet ist, bei welchem die verschiedenen philosophischen Fragestellungen isoliert behandelt werden, was notwendigerweise bedeutet, dass jeweils auf Grundlage unbegründeter Voraussetzungen argumentiert wird.

„Das Bild des Progresses ins Unendliche ist die gerade *Linie*, an deren beyden Grenzen nur, das Unendliche und immer nur ist, wo sie, – und sie ist Daseyn – nicht ist, und die zu diesem ihrem Nichtdaseyn, d. i. ins unbestimmte *hinaus* geht; als wahrhafte Unendlichkeit, in sich zurückgebogen, wird deren Bild der *Kreis*, die sich erreicht habende Linie, die geschlossen und ganz gegenwärtig ist, ohne *Anfangspunkt* und *Ende*.“ (GW 21: 136)

Es wird also bereits an dieser Stelle eine Verbindung zwischen wahrhafter Unendlichkeit und (nicht iterativer) zirkulärer Struktur hergestellt, da die ewige Wiederholung der immer gleichen Bewegung durch das Zurückbiegen des Resultats zum mit ihm identischen Anfang in einen geschlossenen Kreis transformiert wird, welcher Endlichkeit und Unbegrenztheit vereint. Diese Einheit ist insofern ein wahrhaft Unendliches, als sie das Ganze der beschriebenen begrifflichen Bewegung darstellt und es somit kein „Außerhalb“ dieses Absoluten² geben kann.

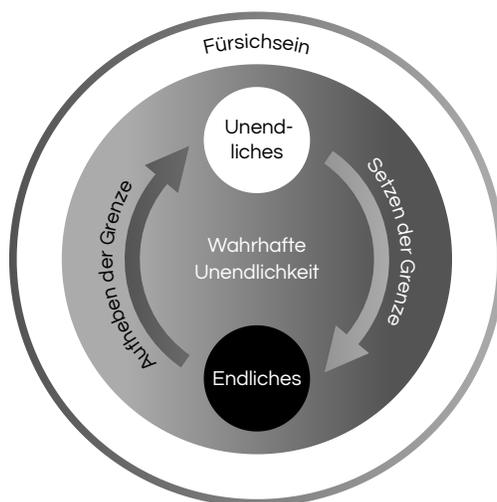


Abb. 1: Endlichkeit und (wahrhafte) Unendlichkeit

Dieser Zusammenhang erhellt sich auch aus der Bestimmung, welche sich in Hegels Darstellung der Logik aus dem Begriff des wahrhaft Unendlichen ergibt: die des

² Der Begriff des „Absoluten“ ist hier keinesfalls in einer (im engeren Sinne) „metaphysischen“ oder gar theologischen Weise zu verstehen, sondern im Prinzip schlicht im Sinne eines/des Unendlichen oder Ganzen. Er wird aufgrund der ursprünglichen lateinischen Wortbedeutung verwendet, da in dieser sehr passend ausgedrückt ist, dass das wahrhaft Unendliche nicht zu etwas in Beziehung stehen kann, das ihm äußerlich ist, daher jede Beziehung eine *Selbstbeziehung* sein muss.

„Fürsichseins“. Denn dieses stellt eine selbstbezügliche Figur dar, indem das Beziehen auf das *Andere* zugleich das Beziehen auf sich selbst ist. Die Verbindung liegt auf der Hand: Für das Unendliche muss das Andere zugleich es selbst sein, da es anderenfalls durch dieses begrenzt wäre. Und diese Selbstbezüglichkeit hat notwendigerweise eine kreisförmige Struktur, da das Absolute im Anderen zu sich selbst zurückkommt (GW 21: 137).

In der Sphäre des Quantitativen kommt die Struktur des Fürsichseins in der Form der völligen Äußerlichkeit zur Darstellung, indem das „Eins“ sich auf das Andere, das es selbst ist, in der Weise des gleichgültigen *Nebeneinanders* identischer Einheiten bezieht (GW 21: 150–155). Die Dialektik von quantitativer Endlichkeit und Unendlichkeit ergibt sich in diesem Zusammenhang aus dem dialektischen Verhältnis von Kontinuum und Diskretion: Die Diskretheit des begrenzten Quantums verweist auf ein zugrundeliegendes Kontinuum, durch welches die endliche Größe überhaupt erst denkbar ist. Zugleich konstituiert sich das quantitative Kontinuum durch seine Elemente und verweist daher notwendigerweise auf das Moment der Diskretion und Begrenztheit (GW 21: 173–192). So bleibt die quantitative Unendlichkeit stets ein unerreichbares Ziel: Es wird jeweils lediglich von *einem* Endlichen zu einem *anderen* (vergrößerten oder verkleinerten) Endlichen fortgegangen, ohne dass eine solche quantitative Änderung an irgendeinem Punkt den Sprung in die wahrhafte Unendlichkeit darstellen könnte. Es handelt sich lediglich um das Schlecht-Unendliche, welches als bloßes Jenseits des Endlichen bestimmt ist (GW 21: 217–222). Laut Hegel ist es „nicht ein Fortgehen und Weiterkommen, sondern ein Wiederholen von einem und eben demselben, Setzen, Aufheben, und Wiedersetzen und Wiederaufheben“ (GW 21: 222).

Vor diesem Hintergrund muss es als ein weit verbreitetes Missverständnis angesehen werden, dass das Unendliche etwas besonders Großes oder Kleines sei. Es wartet nicht am Ende einer Reihe beliebig vieler Erweiterungen oder Reduzierungen. Der Begriff des „Unendlich-Großen“ (ebenso beim „Unendlich-Kleinen“) ist selbstwidersprüchlich: Denn etwas, das eine *Größe* hat, ist etwas Endliches, anderenfalls hätte die Größe keinerlei Bestimmtheit. Es kann daher nicht etwas geben, das im quantitativen Sinne zugleich „groß“ und „unendlich“ ist.³ Der entscheidende

³ Ein naheliegender Einwand wäre der Verweis auf die moderne Mengenlehre, in der sich zwischen verschiedenen Kardinalitäten bzw. Mächtigkeiten von „unendlichen“ Mengen unterscheiden lässt, was man, in einem gewissen Sinne, als „Größe“ dieser „Unendlichkeiten“ deuten kann. Allerdings kann ein solcher Hinweis bereits deshalb kaum geeignet sein, die Kritik an der Konzeption des Unendlichen als etwas „extrem Großem“ zu entkräften, da sich diese Vorstellung gar nicht auf Erkenntnisse der Mengenlehre gründet. Es ist ja nicht so, dass man ausgehend von unterschiedlichen Mächtigkeiten oder Kardinalitäten von Mengen dazu käme, Unendlichkeit als eine Art „quantitatives Extrem“ zu denken. Wenn von einem „Unendlich-Großen“ gesprochen wird, ist in aller Regel mit dem hierbei verwendeten Begriff der „Größe“ nicht auf Mächtigkeiten von Mengen Bezug genommen, sondern ausgedrückt, dass Unendlichkeit als „quantitative Eigenschaft“ gedacht

Punkt ist, dass die Differenz zwischen Endlichkeit und wahrhafter Unendlichkeit *keine quantitative*, sondern eine *qualitative* ist, welche sich, wie zuvor erläutert, an der Unterscheidung zwischen linear offener und zirkulär geschlossener Struktur festmacht.⁴ Das Absolute ist das In-sich-Geschlossene, welches keine „losen Enden“ besitzt.

Die beschriebene kreisförmige Struktur ist freilich nicht bloß für den Begriff der „wahrhaften Unendlichkeit“ charakteristisch, sondern stellt in zweifacher Hinsicht ein allgemeines Merkmal der Methode dar, das bei sämtlichen Begriffsbewegungen und -Übergängen die logische Form maßgeblich prägt. Der Übergang von den abstrakten (einseitigen) Bestimmungen, die sich als Gegensätze gegenüberstehen und ineinander übergehen, zur „synthetischen“ (konkreten) Bestimmung, die die

wird. (Die Rede vom „Unendlich-Großen“ ist deutlich älter als die moderne Mengenlehre.)

Generell ist zwischen *mathematischen* und (den bei Hegel und in diesem Beitrag thematischen) *logisch-begrifflichen* Widersprüchen zu unterscheiden. Das Kriterium mathematischer Widerspruchsfreiheit ist vergleichsweise wenig „anspruchsvoll“, da es hier zulässig ist, die Konsistenz schlicht durch geeignete Axiome oder Definitionen zu erreichen. (Es wird beispielsweise wohl niemand behaupten wollen, dass die Schwierigkeiten der früheren Infinitesimalrechnung, die von bedeutenden Geistesgrößen des 18. und 19. Jahrhunderts als echtes Problem angesehen wurden, durch die moderne – mathematisch einwandfreie – Darstellungsform tatsächlich in einem engeren Sinne beseitigt worden wären.) Es scheint legitim, sich im Kontext philosophischer Untersuchungen nicht bereits mit dem Kriterium mathematischer Konsistenz zufrieden zu geben. Die „spektakulären“ Ergebnisse der Untersuchungen zu den „unendlichen“ Mengen, die von Cantor und seinen Nachfolgern durchgeführt wurden, basieren gerade auf der zugrunde liegenden Widersprüchlichkeit des „Schlecht-Unendlichen“, was an dieser Stelle jedoch nicht ausführlich dargestellt werden kann.

- ⁴ Selbst innerhalb des Paradigmas der „schlechten“ Unendlichkeit ist jede noch so große Zahl exakt „gleich weit“ entfernt vom Unendlichen wie die Null (nämlich „unendlich weit“ entfernt), wodurch wir auch in diesem Unendlichkeits-Verständnis implizit die Negation eines unmittelbaren Zusammenhangs zwischen quantitativer Bestimmung und Unendlichem ausgedrückt finden, was jedoch, üblicherweise, nicht als Problem, sondern als eine Art Kuriosität, als etwas liebenswert Interessantes angesehen wird. Es heißt dann, das Nachdenken über Unendlichkeit führe zu allerlei „kontra-intuitiven“ Dingen. Eine ähnliche Bewertung bzw. Einordnung erfahren die s. g. „Paradoxien des Unendlichen“ (wie bspw. „Hilberts Hotel“), die i. d. R. dadurch zustande kommen, dass eine bestimmte Entität zugleich als ein „fertiges Ganzes“ und als ein notwendigerweise unabgeschlossener Prozess betrachtet wird, was, gewissermaßen, den Grundwiderspruch der geläufigen Unendlichkeits-Konzeption darstellt. Die bereits von Aristoteles getroffene Unterscheidung zwischen potentieller und aktueller Unendlichkeit (die, zumindest in der Philosophie der Mathematik, in Form der Diskussion über finitistische oder konstruktivistische Standpunkte weiterhin präsent ist) sowie das damit verbundene Problembewusstsein scheinen in der heutigen Diskussion weitestgehend verloren gegangen zu sein. (Insbesondere in naturwissenschaftlichen Veröffentlichungen lassen sich immer wieder in selbstverständlicher Weise Zuschreibungen wie „sehr viele, vielleicht sogar eine unendliche Anzahl“ lesen, die suggerieren, es gäbe kaum einen Unterschied zwischen großem Quantum und Unendlichkeit.) Die bloßen Worte „und dann immer so weiter“ stellen keine magische Zauberformel dar, Kraft derer sich das Endliche ohne weiteres in etwas „Unendliches“ verwandeln ließe.

abstrakten Begriffe als interne Momente enthält, vollzieht sich stets als der Schritt, den infiniten Progress der sich immer wieder gegenseitig ablösenden einseitigen Bestimmungen als geschlossenen Kreis, in dem der gesamte Zusammenhang in seiner „ruhigen Form“ vollständig präsent ist, zu begreifen. Diese Schließung des Kreises auf der Ebene der „Begriffsdynamik“ geht einher mit einer solchen auf der inhaltlichen Ebene. Der synthetische Begriff ist inhaltlich eine Rückkehr zum Ausgangspunkt der Bewegung, der ersten der beiden abstrakten Bestimmungen. Beim Begriff der *Unendlichkeit* ist dies in besonderer Weise explizit. Dieser bezeichnet als „wahrhafte Unendlichkeit“ die Synthese und als „schlechte Unendlichkeit“ die eine Seite der Abstraktion.

Es scheint äußerst plausibel, dass diese Figur des sich selbst begründenden Kreises für Hegel die Lösung des zuvor beschriebenen begründungstheoretischen Grundproblems der Philosophie darstellt.⁵ Hierfür sprechen zum einen die klaren Textbelege, zum zweiten die Struktur der Methode, zum dritten der tatsächliche begriffliche Inhalt an den für diese Frage relevanten Stellen des Systems.

So stellt Hegel dem inhaltlichen Hauptteil der *Wissenschaft der Logik* explizit eine Erörterung der Frage „Womit muß der Anfang der Wissenschaft gemacht werden?“ voran. Dabei stellt Hegel fest:

„Das Wesentliche für die Wissenschaft ist nicht so sehr, daß ein rein Unmittelbares der Anfang sey, sondern daß das Ganze derselben ein Kreislauf in sich selbst ist, worin das Erste auch das Letzte, und das Letzte auch das Erste wird.“ (GW 21: 57)

„Durch diesen Fortgang denn verliert der Anfang das, was er in dieser Bestimmtheit, ein Unmittelbares und Abstractes überhaupt zu seyn, einseitiges hat; er wird ein Vermitteltes, und die Linie der wissenschaftlichen Fortbewegung macht sich damit zu *einem Kreise*.“ (GW 21: 58)

Am Ende der Logik wiederum folgt auf den Abschluss des inhaltlichen Hauptteils eine Methodenreflexion, in der bemerkt wird:

„Vermöge der aufgezeigten Natur der Methode stellt sich die Wissenschaft als einen in sich geschlungenen *Kreis* dar, in dessen Anfang, den einfachen Grund, die Vermittlung das Ende zurückschlingt“ (GW 12: 252)

Der geforderte *unbegrenzte* Begründungszusammenhang wird also dadurch möglich, dass die Voraussetzungen des Beginns durch das Resultat des Schlusses vermittelt

⁵ Es gilt allerdings zu beachten, dass Hegel hierbei nicht dasselbe Ziel verfolgt, das üblicherweise die Motivation für Lösungsversuche zum Münchhausen-Trilemma darstellt. Im Kontext der hegelischen Konzeption geht es nicht darum, einzelne Aussagen abstrakt als *wahr* auszuweisen, sondern zu einem wahren *Gesamtzusammenhang* zu gelangen, in dem die einzelnen einseitigen Urteile zwar isoliert genommen unwahr, jedoch als Moment des Ganzen unbedingt notwendiger Teil der Wahrheit sind.

sind.⁶ Insofern stellen die Alternativen, die das Münchhausen-Trilemma formuliert, durchaus die Gesamtheit der logisch möglichen Strukturen in Bezug auf diese Frage korrekt dar. Der Fehler liegt gewissermaßen lediglich darin, dass, auf Grundlage eines linearen, architektonischen Verständnisses von Erkenntnis und Wissen, die kreisförmige, sich auf sich selbst beziehende Begründungskette unmittelbar als im schlechten Sinne zirkulär und damit als bedeutungsloser Fehlschluss betrachtet wird. In der Perspektive einer dialektischen Philosophie hegelscher Prägung zeigt sich der zirkuläre Schluss als Bewegung der reflexiven Selbstklärung des Denkens, welche im Durchlaufen geschlossener (und zugleich sich im Resultat weiterbestimmender) hermeneutischer Zirkel einen Verstehensprozess vollzieht, der das Implizite explizit macht und dadurch den wenig bestimmten Vorbegriff der Sache aus sich selbst heraus mit Bestimmtheit anreichert:

„[D]abei ist dieser Kreis ein *Kreis von Kreisen*; denn jedes einzelne Glied, als Beseeltes der Methode, ist die Reflexion in-sich, die, indem sie in den Anfang zurückkehrt, zugleich der Anfang eines neuen Gliedes ist.“ (GW 12: 252)

„Auf diese Weise ist es, daß jeder Schritt des *Fortgangs* im Weiterbestimmen, indem er von dem unbestimmten Anfang sich entfernt, auch eine *Rückannäherung* zu demselben ist, daß somit das, was zunächst als verschieden erscheinen mag, das *rückwärts gehende Begründen* des Anfangs, und das *vorwärtsgehende Weiterbestimmen* desselben in einander fällt und dasselbe ist.“ (GW 12: 251)

Das von der Methode ausgehende Argument für eine solche Interpretation der hegelschen „Systemarchitektur“ liegt auf der Hand: Da das gesamte System gewissermaßen durchgängig „fraktal“ angelegt ist, müssen die Strukturmerkmale, die sich auf den unteren und mittleren Ebenen zeigen, auch auf der obersten Ebene maßgeblich sein, so dass auch die Form des *Ganzen* des Systems hierdurch bestimmt sein muss.

Auf der inhaltlichen Ebene lässt sich feststellen, dass an den zu verbindenden Anfangs- und Endpunkten des Systems der begriffliche Gehalt der entsprechenden Bestimmungen tatsächlich ohne Bruch aneinander anschließt, indem die absolute Konkretheit des Schlusses mit der völligen inhaltlichen Abstraktheit des Anfangs zusammenfällt. An beiden Punkten steht eine Bestimmung, die nichts ausschließt; die Gesamtheit aller Ausdifferenzierungen in das „Besondere“ ist genauso allumfassend wie die leere Unbestimmtheit des bloßen „Seins“. Die beiden „Zirkularitäten“, die an den einzelnen Begriffskonstellationen sinnvoll unterschieden werden können, fallen auf der Ebene des Gesamtsystems ebenfalls zusammen. Während innerhalb des Systems der Fortgang in der Begriffsbewegung gerade dadurch zustande kommt, dass die dritte Bestimmung in ihrer inhaltlichen Rückkehr zur ersten nicht mit dieser

⁶ Entsprechend handelt es sich nicht (im engeren Sinne) um ein „Kohärenzmodell“, bei dem einzelne Aussagen als Punkte in einem „Netz“, das sich durch kohärente Beziehungen zwischen Urteilen ergibt, gerechtfertigt sein sollen.

zusammenfällt, sondern eine Dynamik auf höherer Stufe initiiert, kann auf der Ebene des Systemganzen durch die tatsächliche Identität der Bestimmungen, die hier für die inhaltliche Schließung charakteristisch ist, zugleich die begründungstheoretische Schließung erreicht werden. Während die „Bestandteile“ des Systems ausschließlich in Verhältnissen der Fremdbegründung stehen, erhält der *Gesamtzusammenhang* dieser Begründungsverhältnisse durch die zirkuläre Schließung die Form eines *sich selbst begründenden* Systems. Diese Selbstbegründung konstituiert sich aber gerade durch die Vermittlung mittels der fremdbegründeten Elemente als deren interne Momente.

Neben zahlreichen weiteren Problemen ist es als einer der zentralen Fehler des hösleschen Letztbegründungsbeweises anzusehen, dass hier ein einzelner Satz oder Beweisgang als voraussetzungslos und selbstbegründend gedacht wird (Hösle 1987b, 245–262; 1990, 152–175). Tatsächlich setzt der Beweis bestimmte logische Prinzipien voraus und dies ist auch grundsätzlich gar nicht anders möglich, da die Vermittlung, die der Beweisgang leisten soll, eines vermittelnden Prinzips bedarf, das nicht mit dem zu beweisenden Inhalt zusammenfallen kann. (Wenn Vermittlung und Vermitteltes unmittelbar identisch wären, käme es gar nicht erst zu einer Vermittlung.) Das vermittelnde Prinzip muss daher mindestens ein *zweites* gegenüber dem Vermittelten sein. Die wahrhafte Selbstbegründung kann nur als eine durch Fremdbegründung vermittelte Selbstbegründung gedacht werden. Dies ist die Figur des geschlossenen Kreises, jedoch nicht eines solchen mit infinitesimal kleinem Durchmesser, sondern eines solchen, der die *Linie* enthält; der Kreis durch das Schließen (das Verbinden der losen Enden) der Linie ist. Es geht also um einen Kreis, der aus Elementen besteht, die zueinander in Verhältnissen der Fremdbegründung stehen, jedoch als *Ganzes* (als der geschlossene Kreis) eine sich selbst begründende Struktur darstellen.

III. Sind Raum und Zeit unendlich?

Wie bereits begründet, sollte Hegels Konzept der „wahrhaften Unendlichkeit“ aufgrund dessen allgemein-logischen Charakters auch auf die Frage nach der quantitativen Verfasstheit von Raum und Zeit anzuwenden sein. Es scheint plausibel, dass Probleme, deren Struktur identisch ist, auch auf die gleiche Weise zu lösen sind. Dies umso mehr, da die zugrundeliegende Figur nicht weiter davon entfernt sein könnte, eine kontingente Ad-hoc-Annahme darzustellen, sondern, im Gegenteil, geradezu den Kern der hegelschen Methode ausmacht und im Rahmen der dialektischen Philosophie als absolut notwendiges Prinzip zu Tage tritt.

Des Weiteren findet sich die kosmologische Frage nach der (Un-)Endlichkeit bereits bei Kant in der Antinomien-Lehre in einer Form diskutiert, bei der die beiden Positionen als Pole einer *Dialektik* erkannt werden. Hierzu bemerkt Hegel:

„Ferner hat Kant die Antinomie nicht in den Begriffen selbst, sondern in der schon *concreten Form* kosmologischer Bestimmungen aufgefaßt. Um die Antinomie rein zu haben und sie in ihrem einfachen Begriffe zu behandeln, mußten die Denkbestimmungen nicht in ihrer Anwendung und Vermischung mit der Vorstellung der Welt, des Raums, der Zeit, der Materie u. s. f. genommen, sondern ohne diesen *concreten Stoff*, der keine Kraft noch Gewalt dabey hat, rein für sich betrachtet werden, indem sie allein das Wesen und den Grund der Antinomien ausmachen.“ (GW 21: 180)

„Es ist oben erinnert worden, daß die *Kantischen Antinomien* Darstellungen des Gegensatzes des Endlichen und Unendlichen, in einer *concretern* Gestalt, auf speciellere Substrate der Vorstellung angewendet, sind.“ (GW 21: 228)

Die kosmologischen Antinomien stellen also für Hegel lediglich eine „Anwendung“, eine „konkrete Gestalt“ der zugrundeliegenden allgemeinen Begriffsdialektik von Endlichkeit und Unendlichkeit dar, weshalb es durchaus im Sinne Hegels sein dürfte, die auf der logischen Ebene entwickelte höhere, „wahrhafte“ Form der Unendlichkeit auf die konkreten Gestalten zu übertragen.⁷

Es sei darauf hingewiesen, dass Hegel selbst eine solche Lösung nicht explizit vor Augen hatte. Sie war vor dem Hintergrund des naturwissenschaftlichen Forschungsstandes seiner Zeit schlicht nicht denkbar. Für Hegel ist die Dialektik von Endlichkeit und Unendlichkeit ein Widerspruch, welcher in der Natur unvermittelt bleibt:

„In der That ist es der Geist, der so stark ist, den Widerspruch ertragen zu können, aber er ist es auch, der ihn aufzulösen weiß. Die sogenannte Welt aber [...], entbehrt darum des Widerspruchs nicht und nirgends“ (GW 21: 232)

Unabhängig davon, wie Hegels explizite Auffassung bezüglich der Thematik aussieht, entspricht eine solche Lösung in systematischer Hinsicht durchaus den Grundprinzipien und der Gesamtkonzeption der hegelschen Philosophie, so dass es gerechtfertigt

⁷ Folgte man dem Zeitgeist, würde man sicherlich sagen, dass die Raumzeit betreffende Fragen nur empirisch (also nicht durch rein logische Überlegungen) beantwortet werden können. Ob apriorische Überlegungen für bestimmte Fragen der Naturerkenntnis relevant sein können, kann jedoch nicht einfach pauschal, aufgrund allgemein akzeptierter empiristischer Vorurteile, verneint werden, sondern muss sich am Inhalt entscheiden (ob es sich tatsächlich um eine korrekte, rein logische Argumentation handelt). Selbst ein in höchstem Maße empiristisch-naturalistisch eingestellter Naturwissenschaftler wird bei einer Theorie, in der logische Fehler entdeckt wurden, eine empirische Überprüfung von vornherein für überflüssig halten. Insofern wird man sagen dürfen, dass (zumindest implizit) allgemein anerkannt ist, dass auch die Natur nicht dem Logischen widersprechen kann, d. h. dessen Struktur auch für naturwissenschaftliche Forschungsgegenstände bestimmend ist. Entsprechend ist nicht ersichtlich, wie es, unter der Voraussetzung, dass sich rein logisch etwas über (Un-)Endlichkeit sagen lässt (was sicherlich auch Hegels Auffassung war; schließlich wird dieser Gegensatz sowohl im Qualitäts- als auch im Quantitätsabschnitt seiner Logik behandelt), plausibel sein könnte, dass die Natur hiervon nicht betroffen wäre.

scheint, hier, unter Annahme zeitbedingter Unzulänglichkeiten, über den Autor hinauszugehen. Zumal sich die Frage stellt, ob es bei diesem Thema überhaupt eine plausible Position darstellen kann, dem Kosmos in Bezug auf seine raumzeitliche Ausdehnung schlicht einen unvermittelten Widerspruch zuzuschreiben.

Was die Frage nach der Endlichkeit bzw. Unendlichkeit des Raums betrifft, ist für dieses Problem mit der Entwicklung der Allgemeinen Relativitätstheorie eine Lösungsmöglichkeit im zuvor diskutierten Sinne zu Tage getreten. Die Einsteinschen Feldgleichungen eröffnen mittels der Raumkrümmung die Möglichkeit eines in sich geschlossenen Universums. Die einfachste Topologie⁸ dieser Art ist die Hypersphäre: Der Raum des Universums entspricht hier einer dreidimensionalen Kugeloberfläche, d. h. es gibt, analog zur Erdoberfläche, trotz einer endlichen Ausdehnung keinen Rand, keine Grenze, keine losen Enden. Eine unveränderte Trajektorie würde nach endlicher Zeit zum Ausgangspunkt zurückführen. Entgegen der Intuition ist für eine solche Topologie keine vierte Raumdimension notwendig, in welcher die Krümmung des dreidimensionalen Raums realisiert wäre. Daher wäre hier tatsächlich der gesamte Raum in der kreisförmigen, selbstbezüglichen Struktur enthalten.

Grundsätzlich gibt es eine große Anzahl an denkbaren Topologien. Diese lassen sich anhand von drei Grundmerkmalen einteilen:

1. Komplexität: trivial oder nicht-trivial
2. Geometrie: euklidisch oder nicht-euklidisch
3. Ausdehnung: endlich (geschlossen) oder „unendlich“ (offen)

In der zeitgenössischen Kosmologie existiert, aus der historischen Erfahrung heraus, ein starker Glaube an das „kosmologische Prinzip“ im Sinne einer absoluten Homogenität und Isotropie, d. h. die Ununterscheidbarkeit von Orten und Richtungen auf großen Längenskalen. Wenn diese Annahme vorausgesetzt wird, sind lediglich die drei sogenannten „trivialen Topologien“ möglich: Das flache Universum (der einfache, nicht-gekrümmte dreidimensionale Raum), das sphärische (welches zuvor beschrieben wurde) und das hyperbolische (entspricht einer dreidimensionalen Sattelfläche).

Da die auf den Anisotropien der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung basierenden empirischen Befunde bisher keine Anzeichen für eine nicht-euklidische Geometrie zeigen und auch behauptete Hinweise auf nicht-triviale Topologien strittig sind, wird

⁸ Da die Unterscheidung im Zusammenhang des Themas dieses Beitrags nicht von Bedeutung ist, werden, im Sinne der Verständlichkeit, hier und im Folgenden auch topologische Mannigfaltigkeiten schlicht als „Topologie“ bezeichnet (was sich dann grob als „Form“ des Universums lesen lässt und der Begrifflichkeit populär-wissenschaftlicher Darstellungen entspricht).

(unter Voraussetzung des kosmologischen Prinzips) in der Diskussion gelegentlich argumentiert, dass die physikalischen Forschungsergebnisse klar auf ein flaches (und damit offenes) Universum hindeuten, da allein diese Variante gleichzeitig eine triviale Topologie und eine euklidische Geometrie besitzt.

Eine solche Position scheint jedoch nur schwer haltbar. Zum einen hat das kosmologische Prinzip lediglich den Status einer Vermutung, welche falsch sein kann. Sollte sie nicht zutreffen, wären auch nicht-triviale Topologien, wie beispielsweise der Torus oder der Dodekaeder, möglich, welche eine euklidische Geometrie mit einer geschlossenen Struktur verbinden. Insbesondere der Torus stellt eine sehr einfache Topologie dar, welche zumindest nicht aus ästhetischen Gründen *prima facie* als unwahrscheinlich gelten muss. Zum anderen sind topologische Merkmale, unabhängig vom Experiment, allein dann empirisch feststellbar, wenn die Struktur nicht deutlich größer ist als das sichtbare Universum. Von der lokalen Flachheit auf ein global flaches (und damit „unendlich großes“) Universum zu schließen, ist insofern absurd, als bereits in einem sehr großen Universum eine globale Raumkrümmung lokal nicht messbar wäre.⁹ Unabhängig von philosophischen Überlegungen ergibt sich aus rein physikalischer Perspektive die Unmöglichkeit, die These eines „unendlich großen“ Kosmos empirisch zu begründen.

Aus philosophischer Perspektive ist diese These ohnehin, wie zuvor dargelegt, aufgrund ihrer Selbstwidersprüchlichkeit zu verwerfen. Das Konzept eines geschlossenen Universums wiederum, würde die sich rein logisch ergebende Forderung nach einer zugleich endlich ausgedehnten und unbegrenzten Struktur auf genau die Weise erfüllen, wie dies aus philosophisch-begrifflichen Gründen zu erwarten wäre: mittels einer zirkulären, selbstbezüglichen Figur.¹⁰

⁹ Es geht darum, dass die Argumentation für das „unendliche“ flache Universum sich, gewissermaßen, in fataler Weise selbst untergräbt, da man ein „unendlich großes“ Universum begründen möchte, jedoch bereits ein deutlich kleineres Universum als das „unendlich große“, nämlich ein lediglich *sehr großes*, die Eigenschaft besäße, dass eine globale Krümmung lokal gar nicht feststellbar wäre. Entsprechend würde dies erst recht von einem „unendlich großen“ Universum gelten. Es ist aber gerade der Ausgangspunkt der ganzen Argumentation, dass man von der lokalen Flachheit auf die globale schließt, was völlig unzulässig ist, wenn zugleich klar ist, dass bei einer sehr großen oder „unendlichen“ Ausdehnung *in jedem Fall* der Raum lokal absolut flach erschiene, d. h. die Krümmung nicht messbar wäre.

¹⁰ Nach Fertigstellung dieses Beitrags stelle ich fest, dass Höhle 1987 in Bezug auf den physikalischen Raum ebenfalls vor dem Hintergrund der hegelschen Konzeption der „wahrhaften Unendlichkeit“ für ein räumlich geschlossenes Universum argumentiert (Höhle 1987a, 247–292). Allerdings scheint Höhle in seinem Beitrag entweder – ohne dies explizit zu machen oder zu begründen – eine triviale Topologie vorauszusetzen oder irrtümlicher Weise davon auszugehen, dass aus der Geometrie unmittelbar die Topologie folgt. Denn es wird dort lediglich für eine nicht-euklidische Geometrie mit positiver Krümmung argumentiert, um auf diese Weise zur Topologie der Hypersphäre zu gelangen. Wie bereits dargestellt, sind jedoch auch (nichttriviale) geschlossene Topologien denkbar, bei denen die Geometrie euklidisch wäre.

Für eine Anwendung dieser Figur auf die Frage nach der Endlichkeit bzw. Unendlichkeit der Zeit (welche mit dem Problem einer Erstursache zusammenfällt) wäre erforderlich, dass sich Anfangs- und Endpunkt der Zeit entsprechen, so dass durch die Identifizierung dieser beiden Punkte ein geschlossener Kreis gegeben ist.¹¹ Dies legt sich aus naturwissenschaftlicher Sicht bereits auf Grundlage der anerkannten Standardmodelle der Kosmologie, Teilchenphysik und Thermodynamik nahe: Diese beschreiben den Gesamtprozess des Universums als einen solchen, welcher in einem einfachen, struktur- und materielosen Zustand beginnt, eine Phase komplexer Struktur- und Materiebildung durchläuft und schließlich, aufgrund der Entropiezunahme und der Zerfallsprozesse der Kernbausteine, wieder in einen formlosen, materiefreien Zustand zurückkehrt. In diesem Sinne beschreibt Carroll das Dasein des Menschen als „[e]phemeral patterns of complexity, riding a wave of increasing entropy from simple beginnings to a simple end“ (Carroll 2017, 236). Zu dieser Vergleichbarkeit von Anfangs- und Endzustand expliziter Hasinger:

„Das Universum ist dann wieder etwa in dem Zustand, aus dem es entstanden ist. Sämtliche Energie aus dem Urknall ist so dünn über den Raum verteilt, dass sie im Nichts verschwindet. Das Universum entstand aus dem ‚Nichts‘, und es bleibt am Ende ‚Nichts‘ übrig. Nur dass dieses ‚Nichts‘ inzwischen der höchste Energiezustand ist, den wir kennen.“ (Hasinger 2009, 260)

„Tatsächlich geht die moderne Kosmologie davon aus, dass unser Universum [...] aus dem Nichts entstanden ist. Wenn die neuesten astrophysikalischen Erkenntnisse richtig sind, müssen wir uns mit dem Gedanken anfreunden, dass das, was wir als ‚Nichts‘ bezeichnen, das Vakuum also, den höchsten Energiezustand im Universum darstellt. Dieses Nichts ist an manchen Stellen bis zum Zerreißen mit einer Spannung erfüllt [...] [diese] Spannung des Raums [...] [führt] zur Entstehung des Universums“ (Hasinger 2009, 13)

Diese Erwägungen zeigen die grundsätzliche Plausibilität einer Identifizierung von Beginn und Resultat. Um diese Konzeption jedoch aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu rechtfertigen, bedarf es eines mathematisch-physikalisch ausgearbeiteten kosmologischen Modells, welches Anfangs- und Endpunkt der Zeit konkret miteinander verknüpft. Und tatsächlich existieren auf dem heutigen Forschungsstand gleich mehrere Modelle, die grundsätzlich mit einer solchen Struktur vereinbar sind. Mindestens trifft dies auf die von Penrose entwickelte *Conformal Cyclic Cosmology* (CCC) und bestimmte Varianten der *Loop Quantum Cosmology* (LQC) und des *No Boundary Proposal* zu. Da innerhalb des Theorierahmens der LQC die entspre-

¹¹ Um nicht zur Struktur des Schlecht-Unendlichen zu gelangen, ist dies in keinem Fall als sich ewig wiederholendes, zyklisches Universum zu denken, sondern als ein einziger, sich selbst begründender Kreis, in welchem es keine objektive Gegenwart gibt, so dass alle Zeitpunkte in gleicher Weise Teil des Ganzen sind.

chenden zyklischen Modelle noch nicht in genügendem Umfang erforscht sind, um diese detailliert diskutieren zu können¹², die Konzeption des *No Boundary Proposal* anscheinend begrifflich-logische Probleme mit sich bringt und zudem sich das Penrose-Modell besonders anbietet, um einige Grundfragen zyklischer Kosmologien deutlich zu machen, soll dieses im Folgenden exemplarisch diskutiert und die Vereinbarkeit mit dem Konzept einer kreisförmig geschlossenen Zeitachse dargestellt werden.¹³

Eine zentrale Rolle spielt im CCC-Modell die Erkenntnis, dass ohne Masse keine Messbarkeit der Zeit und damit auch keine Messbarkeit von Längen gegeben ist. Daraus folgt, dass bei masselosen Zuständen, wie der Phase unmittelbar nach dem Urknall und der Phase des zeitlichen Endes des Universums, absolute Größen und Abstände bedeutungslos sind und daher nur noch die strukturelle Form im Sinne relativer Verhältnisse relevant ist.¹⁴ Nach den Berechnungen der CCC können die jeweiligen Randbedingungen (des Beginns und des Endes des Universums) konform aufeinander abgebildet werden, so dass die ferne Zukunft des Kosmos einem Urknall entspricht (Penrose 2011, 161–192 und 2014, 873–890).

Es sei darauf hingewiesen, dass dies im Original CCC-Modell als „unendlich weit“ in Vergangenheit und Zukunft reichende, zyklische Abfolge von Weltzeitaltern, welche Penrose als *Äonen* bezeichnet, konzipiert ist. Die begrifflichen Probleme, die damit verbunden sind, einer solchen quantitativ schlecht-unendlichen Folge den Status eines kosmologischen Merkmals zuzuschreiben, wurden zuvor bereits diskutiert. Darüber hinaus gibt es in Bezug auf die „unendlich vielen“ Äonen des CCC-Modells eine weitere Argumentation, welche die Plausibilität dieser Konzeption in Frage stellt:

Die globale Entwicklung über die einzelnen Äonen hinweg betreffend, sind drei logische Möglichkeiten denkbar:

1. Es existiert ein bestimmter Entwicklungsprozess.
2. Die Äonen sind in zufälliger Weise unterschiedlich.
3. Die Äonen sind alle identisch.

¹² Ich danke hier Martin Bojowald für entsprechende Auskünfte.

¹³ Auch wenn das Penrose-Modell, nicht zuletzt aufgrund der Identifikation zweier in wichtigen Aspekten gegensätzlich bestimmten Extrem-Zuständen, eine besondere Affinität gegenüber der hegelschen Konzeption aufweist, geht es nicht darum, dieses hier zu vertreten oder vorauszusetzen, sondern als ein Beispiel dafür anzuführen, dass die Struktur der „wahrhaften Unendlichkeit“ nicht nur logisch, sondern auch physikalisch plausibel sein könnte.

¹⁴ Vergleichbar mit einer Vektor-Grafik, die nicht in einer bestimmten Größe definiert ist, sondern allein durch die relativen Verhältnisse ihrer Bestandteile. Einfache Beispiele sind geometrische Figuren, wie ein Quadrat oder ein Kreis: Diese lassen sich problemlos größenunabhängig definieren.

Wenn es eine bestimmte Art der globalen Entwicklung gäbe, durch die sich die Äonen in nicht-zufälliger Weise unterscheiden, wäre dieser Prozess bereits vor „unendlich langer“ Zeit zu einem Ende gekommen. Selbst wenn ein asymptotischer Prozess angenommen wird, würde dessen Relevanz nach einer „unendlich langen“ Zeit gegen Null tendieren. Prinzipiell wäre auch ein Prozess denkbar, der sich nach einer bestimmten Anzahl an Äonen wiederholt. (Eine Art „Metazyklus“.) Dies würde das Problem jedoch lediglich auf eine andere Ebene verschieben.

Was die zweite Option betrifft: Es scheint wenig plausibel, dass Unterschiede zwischen den Äonen zufälligen Charakter haben könnten. Da die CCC keine dem Urknall folgende Inflationsphase, durch welche zufällige Quantenzustände des frühen Universums ausgedehnt werden, postuliert, existiert nahezu keine Möglichkeit, einen Mechanismus zu konzipieren, der zu zufällig unterschiedlichen Äonen führt.

Damit bleibt die dritte Option, nach der die Äonen alle identisch sind.¹⁵ Wenn dies die Annahme ist, ist es in gewisser Weise von vornherein nicht einmal sinnvoll, überhaupt von *unterschiedlichen* Äonen zu sprechen. Sie würden sich lediglich hinsichtlich ihrer Position auf der Zeitleiste unterscheiden. Bei einem isolierten zyklischen Prozess (wie etwa der Bewegung eines Pendels) ist es in der Tat sinnvoll, zwischen den verschiedenen Zeitpunkten zu unterscheiden, die mit einem bestimmten Zustand der zyklischen Bewegung korrelieren, da dieser Prozess in einen Kontext eingebettet ist, welcher ihn transzendiert. Im Gegensatz dazu ist ein Äon *alles*, was zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden ist, und die Abfolge der Äonen ist per definitionem nicht in irgendeinen Kontext eingebettet. Daher wird die Unterscheidung der Äonen auf Basis ihrer Position auf der Zeitleiste bedeutungslos. Dies gilt umso mehr, als man anerkennt, dass uns die Spezielle Relativitätstheorie auf das Konzept des Blockuniversums festlegt, da dieses die Existenz einer objektiven Gegenwart, welche sich kontinuierlich auf der Zeitachse vorwärtsbewegt, ausschließt. Ohne eine objektive Gegenwart besteht keine Notwendigkeit, dem derzeitigen Äon ein weiteres folgen zu lassen. Nach diesem Konzept befindet sich jedes Ereignis schlicht an einem bestimmten Punkt der vierdimensionalen Raumzeit.

So führt uns auch diese Argumentationslinie zu dem Ergebnis, dass das Konzept einer „unendlich langen“ Zeit nicht haltbar ist. Denn die Kritik ist verallgemeinerbar: Eine „unendlich lange“ Vergangenheit steht im Widerspruch zu einer globalen Entwicklung. Werden Entwicklungen jedoch als lediglich lokal angesehen, muss global eine Wiederholung identischer Zyklen angenommen werden, was, bei genauer Betrachtung, dann nicht mehr dem Konzept einer „unendlich langen“ Zeit entspricht, sondern eine geschlossene Zeitschleife darstellt.¹⁶

¹⁵ Dies ist die Variante, die Penrose präferiert.

¹⁶ Wie zuvor in Bezug auf das CCC-Modell dargestellt, gäbe es prinzipiell noch die Möglichkeit,

Vor diesem Hintergrund legt es sich nahe, das CCC-Modell dahingehend zu modifizieren, dass das Ende des derzeitigen Äons mit dessen Anfang identifiziert wird. Hierdurch wird dieser Begriff zugleich redundant, da er nun schlicht für das Universum als Ganzes steht. Eine solche geschlossene Variante des CCC-Modells impliziert keine vom ursprünglichen Modell abweichenden empirischen Vorhersagen. Beispielsweise können konzentrische Kreise, die nach den Berechnungen der CCC als Folge der Verschmelzung supermassiver Schwarzer Löcher in der Spätphase des vorangegangenen Äons in der heutigen Mikrowelle-Hintergrundstrahlung sichtbar sein sollten (Gurzadyan/Penrose 2013, 16), als Folge solcher Ereignisse in der Spätphase des *einen* Universums interpretiert werden.¹⁷

dass die globale Entwicklung des Kosmos entscheidend durch objektive Zufallsprozesse bestimmt ist. Dies wäre wohl grundsätzlich mit einer solchen Zeit-Vorstellung vereinbar, muss jedoch, nicht zuletzt aus physikalischen Gründen, als äußerst unwahrscheinlich gelten.

¹⁷ Entsprechend ist das eigentliche (physikalische) Modell des CCC-Ansatzes mit dieser Modifikation völlig vereinbar. Die Entscheidung für das Konzept einer „unendlichen“ Abfolge von „Äonen“ ist bei Penrose nicht physikalisch, sondern lediglich durch die Annahme der möglichen Inkonsistenz von geschlossenen Zeitschleifen begründet. Das eigentliche kosmologische Modell erfordert weder eine Mehrzahl von „Äonen“ noch eine Entwicklung über mehrere „Äonen“ oder Universen hinweg. Wie bereits bemerkt, präferiert Penrose sogar die Option, dass die „Äonen“ allesamt völlig identisch sind. Und die Möglichkeit, das Modell in einer geschlossenen Form zu konzipieren, wird bei ihm explizit diskutiert. Er schreibt hierzu: „Vielleicht ‚windet‘ sich ja unser Universum [...] nur einmal um sich selbst herum, sodass das Gebiet jenseits [...] einfach wieder unser eigenes Universum ist, das mit seinem Urknall von neuem beginnt“ (Penrose 2011, 170). Und räumt sogar ein: „Ein solches Modell hätte ganz offenbar gewisse ökonomische Vorzüge“ (Penrose 2011, 171). Als erläuterndes Beispiel für die Gründe, wegen derer er sich dann dennoch gegen diese Konzeption ausspricht, führt er anschließend das „Großvaterparadoxon“ an. Nun ist es freilich bereits im Kontext der philosophischen Diskussion über Zeitreisen umstritten, ob diese tatsächlich aufgrund vermeintlicher Paradoxa auszuschließen sind. Ohnehin scheint es generell wenig plausibel, dass sich in einem Blockuniversum derartige Probleme *überhaupt stellen*. Es handelt sich um ein vierdimensionales Raumzeit-Gebilde, das keiner Veränderung unterworfen ist, und es nicht zu sehen, weshalb man von diesem Gebilde nicht erwarten dürfte, dass es keine widersprüchlichen Strukturen enthält, da wir eine solche Konsistenz ja auch sonst durchgängig für physikalische Naturvorgänge voraussetzen. Die Zeitschleifen-Paradoxa wiederum setzen offensichtlich nicht nur präsentistische Zeitkonzeptionen und unreflektierte Vorstellungen von menschlicher Willensfreiheit, sondern auch eine merkwürdige Unterscheidung von „Zeit“ und „Meta-Zeit“ (in der die Abfolge der zum Paradoxon führenden Ereignisse verortet wird und ohne die – entsprechend – die Dynamik der widersprüchlichen Struktur gar nicht möglich ist) voraus. Was ein bezüglich der Zeit-Dimension geschlossenes Universum betrifft, muss freilich ohnehin gesehen werden, dass sich die widersprüchliche Zeitschleife über die Gesamtdauer des Kosmos erstrecken und sich auch durch den Urknall hindurch fortsetzen müsste, was, gegenüber den Zeitreise-Paradoxien, sicherlich die (vermeintliche) Problematik deutlich entschärft.

Wie mir kurz vor Drucklegung bekannt wird, argumentieren Gould/Afshordi in einem Beitrag von 2019 aus rein physikalischen Gründen für exakt identische Äonen. Innerhalb des dort entwickelten Theorie-Rahmens ist diese Identität besonders gut mit den Beobachtungsdaten vereinbar. (Gould/Afshordi, 2019) Allerdings, wie bereits an der Bezeichnung, die die Autoren für

Eine solche kreisförmig geschlossene Kausalitätskette, bei der die Zukunft die Vergangenheit hervorbringt, die Wirkung also ihre eigene Ursache bewirkt, mag kontraintuitiv oder gar inkonsistent erscheinen. Könnte das Sinken der Titanic durch Massen an zeitreisenden Touristen verursacht worden sein, welche an Board gingen, um den berühmten Untergang des Schiffes mitzuerleben? – Selbst in einem rein logischen Sinne¹⁸ verstanden, würde man diese Frage für gewöhnlich verneinen. Jedoch wird eine solche Haltung auf der Basis der Vorannahme eingenommen, dass eine objektive Gegenwart existiert. Wenn diese Prämisse fallen gelassen wird, gibt es keinen Grund, eine solche Beschreibung als unplausibel zu betrachten. In einem Blockuniversum beschreibt sie schlicht eine geschlossene, sich selbst verursachende Zeitschleife. Genauer gesagt wäre das zirkuläre Zeitschleifen-Ereignis (genau wie jedes andere Ereignis in der vierdimensionalen Raumzeit) *einfach da*. Es gäbe nur eine Version des 15. April 1912: den Untergang der Titanic, verursacht durch zeitreisende Touristen.¹⁹

Auf dieselbe Weise ist es möglich, ein kosmologisches Modell zu konzipieren, welches das zeitliche Ende des Universums mit seinem Beginn identifiziert, so dass der Kosmos als Ganzes eine absolute Zeitschleife bildet.²⁰ Das Standard-Blockuniversum wird gewöhnlich als Quader oder Brotlaib veranschaulicht, dessen Querschnitte die einzelnen Momente der Zeit darstellen. Innerhalb dieser Analogie entspräche das geschlossene, zirkuläre Blockuniversum einem Torus oder Ring.

Der Vollständigkeit halber kann noch erwähnt werden, dass Konzepte, welche einen absoluten Beginn der Zeit postulieren, der Variante des willkürlichen Abbruchs des infiniten Regresses entsprechen. Die Idee eines *Entstehens* der Zeit wiederum, sieht sich mit dem Problem konfrontiert, dass der Übergang aus der „Zeitlosigkeit“ in die Zeit eine Abfolge unterschiedlicher Zustände und damit einen zeitlichen Vorgang beschreibt.

Um es an dieser Stelle noch einmal deutlich zu machen: Die hier dargestellten geschlossenen Formen von Raum und Zeit werden im Kontext des geläufigen

ihr kosmologische Modell gewählt haben, deutlich wird, wird die Identifizierung von Anfang und Ende des Universums auch hier „schlecht-unendlich“, d. h. in diesem Fall als ewig zyklische Wiederholung des Immergleichen gedacht.

¹⁸ Welcher die Frage nach der Möglichkeit von Zeitreisen außer Acht lässt.

¹⁹ Dies ist im Wesentlichen eine Argumentation, welche Gott III verwendet, um das Konzept der *closed timelike curves* gegen den Einwand zu verteidigen, der durch die *chronology protection conjecture* formuliert wird. Das Titanic-Beispiel stammt von ihm. Vgl. zu dieser Thematik auch Gott III, 2002.

²⁰ Der Zeitpunkt des Beginns/Endes ist dann kein im strengen Sinne ausgezeichneter Zeitpunkt (zumindest nicht in irgendeinem „zeit-theoretischen“ Sinne, sondern lediglich ggf. was die Art der Energieverteilung betrifft), sondern genauso Teil des (in Bezug auf die Zeitdimension) *geschlossenen* Blockuniversums wie jeder andere Zeitpunkt auch.

Verständnisses von „Unendlichkeit“ als *endliche* Strukturen betrachtet, da ihnen, zumindest rein prinzipiell, eine bestimmte Quantität zugeschrieben werden kann. Der zentrale Grundgedanke, der dem gesamten Beitrag zugrunde liegt, ist jedoch gerade der, dass (mit Hegel) argumentiert wird, dass die übliche Konzeption von Unendlichkeit, bei der lediglich eine Regel des Fortgangs angegeben wird, die bei keiner Anwendung zur Unendlichkeit gelangen kann und bei der man nach ein paar wenigen Anwendungen schlicht Auslassungspunkte setzt und meint, auf diese Weise etwas Unendliches in den Händen zu halten, defizitär ist und durch ein ganz anderes Konzept ersetzt werden muss, möchte man zu einer „wahrhaften“ Form gelangen. Folgerichtig soll diese Neu-Bestimmung gar nicht der üblichen Vorstellung vom Unendlichen (die mit dem Ausdruck „Prinzipielle Unabgeschlossenheit“ treffender bezeichnet wäre) entsprechen. Dass die hier dargestellten Formen in jedem Fall in einem deutlich anderen Sinne „endlich“ sind als ein begrenzter endlicher Raum oder Gegenstand, erhellt sich bereits daraus, dass sie die Eigenschaft der *Unbegrenztheit* besitzen. Bereits bei Kant scheitert die Endlichkeit an der Inkonsistenz einer Grenze und die (schlechte) Unendlichkeit am Fehlen eines *abgeschlossenen Ganzen*. Das Konzept der „wahrhaften Unendlichkeit“ löst beide Probleme. Es vereint die Abgeschlossenheit mit der Unbegrenztheit.

IV. Schluss

Bei den hier behandelten Fragestellungen zu Epistemologie, Raum und Zeit scheint es auf den ersten Blick um durchaus disparate Themen zu gehen. Die strukturelle Identität der diskutierten Probleme ergibt sich jedoch daraus, dass es sich jeweils um Gegenstände handelt, welche notwendigerweise die Anforderung erfüllen müssen, ein *Absolutes* darzustellen: Das Logische (bzw. dessen Behandlung in Form der Philosophie) kann nicht durch ihm äußerliche Begründungen bedingt sein, denn solche Bedingungen müssten selbst logischen Charakters sein. Der Raum des physikalischen Universums kann nicht begrenzt sein, da das Jenseits der Grenze selbst Raum wäre. Ein Entstehen der Zeit wäre selbst ein zeitlicher Vorgang. Ein in diesem Sinne Absolutes, welches nicht durch etwas außerhalb Liegendes begründet sein kann, muss notwendigerweise als *selbstbewegt* bzw. *selbstbegründend* gedacht werden. Vor diesem Hintergrund wurde das Argument entwickelt, dass die allgemeine logische Struktur, welche dieser Problemstellung zugrunde liegt, es nahelegt, dass bei jedem dieser Themen notwendigerweise nur das Prinzip der kreisförmigen Selbstbegründung die implizit geforderte Vermittlung von Endlichkeit und Unendlichkeit leisten kann. Es wurde dargestellt, inwiefern auf dem heutigen Forschungsstand (völlig unabhängig von hegelschen Überlegungen) naturwissenschaftliche Theorien existieren, welche in Bezug auf Raum und Zeit mit dieser philosophischen Forderung im Einklang stehen oder in diesen zu bringen sind, was doch eine bemerkenswerte

Koinzidenz darstellt, die alles andere als selbstverständlich ist und durchaus als Indiz dafür betrachtet werden kann, dass es der richtige Ansatz ist, Hegels logische Untersuchungen zum Begriff des Unendlichen für die moderne Kosmologie fruchtbar zu machen.

Siglen

GW Georg Wilhelm Friedrich Hegel. *Gesammelte Werke*. In Verbindung mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) herausgegeben von der Rheinisch-Westfälischen Akademie der Wissenschaften. Hamburg, 1968 ff.

Literaturverzeichnis

- Albert, Hans. 1991. *Traktat über kritische Vernunft*. Tübingen.
- Carroll, Sean. 2017. *The Big Picture. On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself*. New York.
- Gott III, John Richard. 2002. *Time Travel in Einstein's Universe. The Physical Possibilities of Travel Through Time*. Boston.
- Gould, Elizabeth; Niayesh, Afshordi. 2019. „Does history repeat itself? Periodic Time Cosmology“. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 9: 58
- Gurzadyan, Vahe; Penrose, Roger. 2013. „On CCC-Predicted Concentric Low-Variance Circles in the CMB Sky“. *The European Physical Journal Plus* 128,2: 22 (1–17).
- Hasinger, Günther. 2009. *Das Schicksal des Universums. Eine Reise vom Anfang zum Ende*. München.
- Hösle, Vittorio. 1987a. „Raum, Zeit, Bewegung“. In: *Hegel und die Naturwissenschaften*, hg. v. M. J. Petry, 247–292. Stuttgart–Bad Cannstatt.
- 1987b. „Begründungsfragen des objektiven Idealismus“. In: *Philosophie und Begründung*, hg. v. Forum für Philosophie Bad Homburg, 212–267. Frankfurt a. M.
- 1990. *Die Krise der Gegenwart und die Verantwortung der Philosophie*. München.
- Penrose, Roger. 2011. *Zyklen der Zeit. Eine neue ungewöhnliche Sicht des Universums*. Heidelberg.
- 2014. „On the Gravitization of Quantum Mechanics 2: Conformal Cyclic Cosmology“. *Foundations of Physics* 44: 873–890.

APPENDIX A

THIS IS THE TITLE OF THE FIRST APPENDIX

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat dui ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius dui at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat dui ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius dui at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

A.1 This is a 1st-level subheading

Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis. See Table A.1.

A.2 This is another 1st-level subheading

Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed

Table A.1. This is your table caption.

Hello	World
Car	Bike
House	Boat
Figure	Float

velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in
cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus.

APPENDIX B

THIS IS THE TITLE OF THE SECOND APPENDIX

Consectetur adipiscing elit pellentesque habitant. Semper risus in hendrerit gravida rutrum. Ullamcorper a lacus vestibulum sed arcu non odio euismod lacinia. Placerat duis ultricies lacus sed. Porttitor leo a diam sollicitudin tempor id eu. Enim facilisis gravida neque convallis a cras semper. Rhoncus mattis rhoncus urna neque. Arcu dictum varius duis at consectetur lorem donec massa. Euismod nisi porta lorem mollis aliquam. Eleifend donec pretium vulputate sapien nec sagittis aliquam malesuada. Egestas purus viverra accumsan in nisl nisi scelerisque eu ultrices.

B.1 This is another 1st-level subheading

Senectus et netus et malesuada. See Figure B.1. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit duis tristique sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed velit dignissim sodales ut eu sem

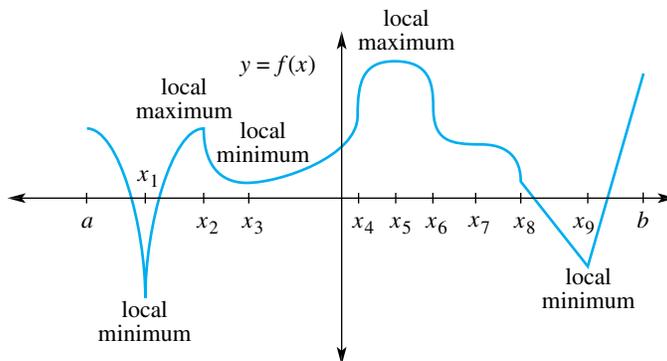


Figure B.1. This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole. The second sentence could be something else.

integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus. See Figure B.2.

Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique

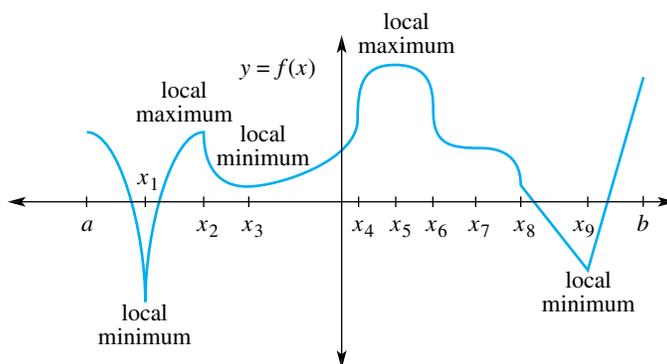


Figure B.2. This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole. The second sentence could be something else.

sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus.

See Figure B.3.

Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus.

See Figure B.4.

Senectus et netus et malesuada. In tellus integer feugiat scelerisque varius morbi enim. Quis imperdiet massa tincidunt nunc pulvinar sapien et ligula. Ut

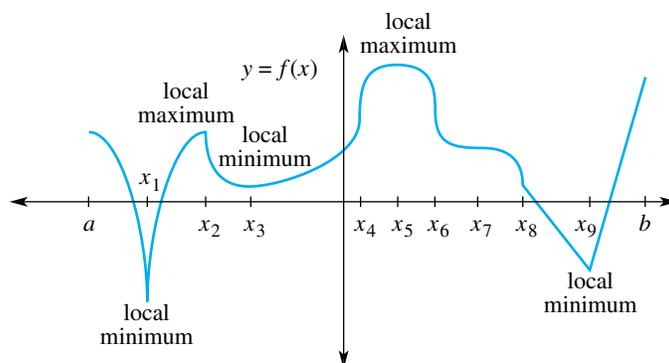


Figure B.3. This first sentence of your figure caption must be a general description of the figure as a whole.

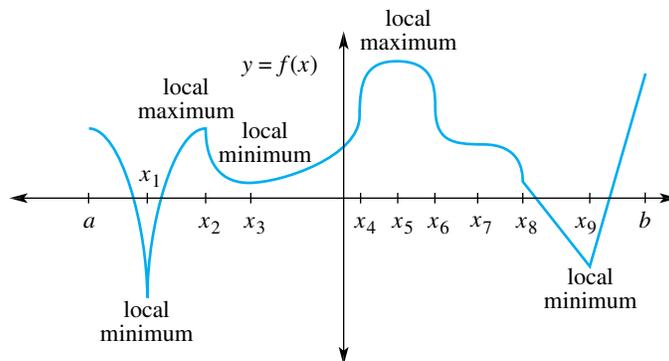


Figure B.4. This is a figure caption.

placerat orci nulla pellentesque dignissim enim. Id eu nisl nunc mi ipsum
 faucibus. Nisl nisi scelerisque eu ultrices vitae auctor eu augue. Auctor eu augue
 ut lectus arcu bibendum at varius. Consectetur adipiscing elit dui tristique
 sollicitudin nibh. Auctor urna nunc id cursus metus aliquam eleifend mi. Sed
 velit dignissim sodales ut eu sem integer vitae justo. Lectus mauris ultrices eros in
 cursus turpis. Sed ullamcorper morbi tincidunt ornare massa eget egestas purus.