



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften

NOVA ACTA LEOPOLDINA

Neue Folge | Vorabdruck | NUMMER 425

Zeit in Natur und Kultur

Programm und Kurzfassungen
der Vorträge für die Jahresversammlung
20. bis 21. September 2019 in Halle (Saale)

Herausgegeben von Jörg Hacker, Präsident der Akademie



Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina –
Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale) 2019

NOVA ACTA LEOPOLDINA

Abhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina

NEUE FOLGE

VORABDRUCK

NUMMER 425

Zeit in Natur und Kultur

Programm und Kurzfassungen
der Vorträge für die Jahresversammlung
20. bis 21. September 2019 in Halle (Saale)

Herausgegeben von Jörg Hacker, Präsident der Akademie



**Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina –
Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale) 2019**

Redaktion: Dr. Michael KAASCH, Dr. Joachim KAASCH und Norman HEENEMANN

Die Schriftenreihe Nova Acta Leopoldina erscheint bei der Wissenschaftlichen Verlagsgesellschaft Stuttgart, Birkenwaldstraße 44, 70191 Stuttgart, Bundesrepublik Deutschland.

Die Schriftenreihe wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie das Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitalisierung des Landes Sachsen-Anhalt.

Titelbild: Adobe Stock | Bill45

Die Abkürzung ML hinter dem Namen der Autoren steht für Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina.

©2019 Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V. – Nationale Akademie der Wissenschaften
Postadresse: Jägerberg 1, 06108 Halle (Saale), Postfachadresse: 110543, 06019 Halle (Saale)
Hausadresse der Redaktion: Emil-Abderhalden-Straße 37, 06108 Halle (Saale)
Tel.: +49 345 47239134
Fax: +49 345 47239139

Printed in Germany 2019

Herausgeber: Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Jörg HACKER, Präsident der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften

Layout: unicom Werbeagentur GmbH
Druck: *Druck-Zuck* GmbH Halle (Saale)
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier.

Inhalt

Programm

Freitag, 20. September 2019

Feierliche Eröffnung	7
Musikalische Eröffnung	7
Begrüßung	7
Verleihung von Preisen und Medaillen.....	7
Ansprache des Präsidenten	7
Grußworte	7
Festvortrag	7
Eröffnungsvortrag.....	8
Sitzung I – Zeit in der Physik	8
Sitzung II – Zeit in Chemie und Biologie	8
Abendvortrag	8

Samstag, 21. September 2019

Sitzung III – Philosophie und Psychologie.....	9
Sitzung IV – Zeit in der Mathematik und Mathematik der Zeit	9
Sitzung V – Chronobiologie und Chronomedizin	9
Sitzung VI – Zeit im Leben	10
Schlusswort	10

Kurzfassungen der Vorträge

Eröffnungsvortrag

Nowotny, Helga: Leben in der digitalen Zeitmaschine 11

Abendvortrag

Grahn, Jessica: Rhythmus, Timing und Bewegung: Wie das Gehirn auf musikalischen Rhythmus reagiert 12

Sitzung I – Zeit in der Physik

Keller, Ursula: Attoclock und Tunnelzeit: Zeitmessung in der Quantenmechanik 13

Pauss, Felicitas: Eine Zeitreise zum Urknall 14

Schleich, Wolfgang P.: Der Pfeil der Zeit 14

Sitzung II – Zeit in Chemie und Biologie

Rainey, Paul P.: Zeit und die Ursprünge biologischer Komplexität 15

van Gunsteren, Wilfred F.: Biomolekulare Simulationen mit mehreren Auflösungsstufen und Zeitskalen: Ein Überblick über methodische Aspekte 16

Sitzung III – Philosophie und Psychologie

Poepfel, David: Zeit im Kopf: Sprachrhythmen und Hirnrhythmen 17

Sieroka, Norman: Philosophie der Zeit 18

Sitzung IV – Zeit in der Mathematik und Mathematik der Zeit

Grötschel, Martin: Mathematik, Informationstechnik und Zeit 19

Schöll, Eckehard: Schimären in Physik und Biologie: Synchronisation und Desynchronisation von Rhythmen 20

Sitzung V – Chronobiologie und Chronomedizin

<i>Kay, Steve A.</i> : Uhren in der Translation: Zirkadiane Rhythmen in Gesundheit und Krankheit	21
<i>Foster, Russell G.</i> : Licht, Schlaf und zirkadiane Wechselwirkungen: Von der Biologie zu neuen therapeutischen Zielmolekülen	22
<i>Czeisler, Charles A.</i> : Chronomedizin	24

Sitzung VI – Zeit im Leben

<i>McNeill, John</i> : Globale Umweltgeschichte der industriellen Revolution, 1780 bis heute	25
<i>Hamermesh, Daniel</i> : Wie wir die Zeit nutzen und warum	26
<i>Doblhammer, Gabriele</i> : Zeit zu leben, Zeit zu sterben. Der Zusammenhang von Jahreszeiten mit Geburt, Gesundheit und Tod	27

Dank

Wir danken der Alfried Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung der Jahresversammlung.



Alfried Krupp von Bohlen
und Halbach-Stiftung

Wir danken der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die großzügige finanzielle Unterstützung bei der Realisierung eines Schülerprogramms, das in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) ausgewählten Schülerinnen und Schülern eine Teilnahme an der Leopoldina-Jahresversammlung ermöglicht.



Wir danken dem Leopoldina Akademie Freundeskreis e. V. für die Zuwendung, aus der die Preisgelder des Leopoldina-Preises für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vergeben werden.



Programm

Die Feierliche Eröffnung findet in deutscher Sprache statt. Eine Simultanübersetzung ins Englische ist vorgesehen.

Freitag, 20. September 2019

9:00 | **Feierliche Eröffnung**

Musikalische Eröffnung

Begrüßung

*Ulla Bonas ML, Halle (Saale)
Vizepräsidentin der Leopoldina*

Verleihung von Preisen und Medaillen

Cothenius-Medaille
Carus-Medaille
Schleiden-Medaille
Mendel-Medaille
Leopoldina-Preis für junge Wissenschaftlerinnen und
Wissenschaftler
Georg-Uschmann-Preis für Wissenschaftsgeschichte

Ansprache

*Jörg Hacker ML, Halle (Saale)
Präsident der Leopoldina*

Grußworte

*Thomas Rachel
Parlamentarischer Staatssekretär
Bundesministerium für Bildung und Forschung*

*Reiner Haseloff
Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt*

Festvortrag

Wissenschaftsfreiheit und Wissenschaftsverantwortung
Reinhard Merkel ML, Hamburg

11:00 – 11:30 | **Pause**

11:30 | **Einführung in die Jahresversammlung**

*Jörg Hacker ML
Präsident der Leopoldina*

Eröffnungsvortrag
Leben in der digitalen Zeitmaschine
Helga Nowotny, Wien (Österreich)

12:15 – 14:00 | **Mittagessen**

Sitzung I | **Zeit in der Physik**

Moderation:
Gunnar Berg ML

14:00 – 14:45 **Attoclock und Tunnelzeit:**
Zeitmessung in der Quantenmechanik
Ursula Keller ML, Zürich (Schweiz)

14:45 – 15:30 **Eine Zeitreise zum Urknall**
Felicitas Pauss ML, Genf (Schweiz)

15:30 – 16:15 **Der Pfeil der Zeit**
Wolfgang P. Schleich ML, Ulm

16:15 – 16:45 | **Pause**

Sitzung II | **Zeit in Chemie und Biologie**

Moderation:
Martin Quack ML, Zürich (Schweiz)

16:45 – 17:30 **Zeit und die Ursprünge biologischer Komplexität***
Paul P. Rainey, Plön

17:30 – 18:15 **Biomolekulare Simulationen mit mehreren
Auflösungsniveaus und Zeitskalen:**
Ein Überblick über methodische Aspekte
Wilfred F. van Gunsteren, Zürich (Schweiz)

20:15 | **Abendvortrag**

Moderation:
Ulla Bonas ML, Halle (Saale)

**Rhythmus, Timing und Bewegung: Wie das Gehirn
auf musikalischen Rhythmus reagiert***
Jessica Grahn, London, Ontario, Canada

Samstag, 21. September 2019

Sitzung III	 Philosophie und Psychologie
	Moderation: <i>Frank Rösler ML, Hamburg</i>
9:00 – 9:45	Zeit im Kopf: Sprachrhythmen und Hirnrhythmen <i>David Poeppel, Frankfurt (Main)</i>
9:45 – 10:30	Philosophie der Zeit <i>Norman Sieroka, Bremen</i>
10:30 – 11:00	 Pause
Sitzung IV	 Zeit in der Mathematik und Mathematik der Zeit
	Moderation: <i>Thomas Lengauer ML, Bonn</i>
11:00 – 11:45	Mathematik, Informationstechnik und Zeit <i>Martin Grötschel ML, Berlin</i>
11:45 – 12:30	Schimären in Physik und Biologie: Synchronisation und Desynchronisation von Rhythmen <i>Eckehard Schöll, Berlin</i>
12:30 – 14:00	 Mittagspause
Sitzung V	 Chronobiologie und Chronomedizin
	Moderation: <i>Horst-Werner Korf ML, Frankfurt (Main)</i>
14:00 – 14:45	Uhren in der Translation: Zirkadiane Rhythmen in Gesundheit und Krankheit* <i>Steve A. Kay, Los Angeles (CA, USA)</i>
14:45 – 15:30	Licht, Schlaf und zirkadiane Wechselwirkungen: Von der Biologie zu neuen therapeutischen Zielmolekülen* <i>Russell G. Foster, London (Großbritannien)</i>
15:30 – 16:15	Chronomedizin* <i>Charles A. Czeisler, Boston (MA, USA)</i>

16:15 – 16:45 | Pause

Sitzung VI | Zeit im Leben

Moderation:

Regina Riphahn ML, Nürnberg

16:45 – 17:30

Globale Umweltgeschichte der industriellen Revolution, 1780 bis heute*

John McNeill, Washington D.C. (USA)

17:30 – 18:15

Wie wir die Zeit nutzen und warum*

Daniel Hamermesh, Austin (TX, USA)

18:15 – 19:00

Zeit zu leben, Zeit zu sterben. Der Zusammenhang von Jahreszeiten mit Geburt, Gesundheit und Tod.

Gabriele Doblhammer, Rostock

19:00 | Schlusswort

Thomas Lengauer ML, Bonn

Mitglied des Präsidiums der Leopoldina

20:00 – 22:00 | Empfang und Abendessen des Präsidiums

(gesonderte Einladung)

**Die wissenschaftlichen Vorträge werden in Englisch gehalten und simultan ins Deutsche übersetzt.*

Kurzfassungen der Vorträge

Eröffnungsvortrag

Helga Nowotny, Wien (Österreich)

Leben in der digitalen Zeitmaschine

Das Zusammenspiel reichlich vorhandener Daten, einmaliger Computerkapazität und durch *Deep-Learning*-Verfahren trainierter Algorithmen kurbelt die gegenwärtige Transformation unseres gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens an. Die bisherige Weltordnung wird umgestaltet. Die digitale Transformation verändert auch unsere individuellen und kollektiven Zeitvorstellungen und die Zeitstrukturen, die das Verhältnis von Menschen und Maschinen bestimmen. Gegenwärtig entstehen digitale Zeitmaschinen, die auf der Künstlichen Intelligenz als Prognosemaschinen aufbauen. Sie sollen die Kosten für Entscheidungen (und Daten) senken und die Wirtschaft effizienter machen. Doch das Leben mit und in solchen digitalen Zeitmaschinen bedeutet, in einer deterministischen Welt zu leben, in der zeitliche Strukturen vorherbestimmt und automatisiert werden. Digitale Zeitmaschinen vertiefen die digitale Kluft weiter, indem sie Gesellschaft in Parallelwelten fragmentieren, in denen Menschen in datenreichen und datenarmen Zeitzonen leben. Ihre Lebenschancen werden noch ungleicher, wenn diese Zeitzonen zeitlich inoperabel sind.

Wie wird sich die Dynamik der digitalen Zeitstrukturen im Licht einer Ko-Evolution von Menschen und Maschinen entfalten? Können wir eine humanistische Dimension in die Digitale Zeitmaschine einbauen, eine *Eigenzeit* für das digitale Zeitalter?

Abendvortrag

Jessica Grahn, London (Ontario, Kanada)

Rhythmus, Timing und Bewegung: Wie das Gehirn auf musikalischen Rhythmus reagiert

Das Bewegen zur Musik ist eine instinktive, oft unfreiwillige Aktivität, die von Menschen in allen Kulturen erlebt wird. Aus neurowissenschaftlicher Perspektive geht der Vortrag der Frage nach, warum sich Menschen zur Musik bewegen und wie die Bewegungszentren des Gehirns als Reaktion auf Musik und Rhythmus aufleuchten, selbst, wenn wir keinen Muskel bewegen. Fühlen sich diejenigen Personen, die Schwierigkeiten haben, sich zum Takt zu bewegen, immer noch gezwungen, sich taktgemäß zu bewegen? Anhand des Potenzials musikbasierter Interventionen bei Menschen mit degenerativen neurologischen Erkrankungen wie der Parkinson-Krankheit untersucht die Referentin die individuelle Variation und die Bedeutung des Einzelnen.

Sitzung I – Zeit in der Physik

Ursula Keller ML, Zürich (Schweiz)

Attoclock und Tunnelzeit: Zeitmessung in der Quantenmechanik

Wie lang ist ein Tunnel- oder ein Ionisationsereignis? Während sich diese Frage einfach anhört, muss man klar definieren, was man mit „wie lange“ oder „wie schnell“ meint, um Missverständnissen vorzubeugen. Tunneln und Ionisieren ist von Natur aus ein quantenmechanischer Prozess, und die Quantenmechanik liefert statistische oder probabilistische Beschreibungen. Daher kann eine Rate leicht bestimmt werden und hat eine klare Bedeutung. In Bezug auf die spezifische Zeitdauer eines einzelnen Prozesses bleibt eine hitzige Debatte. Einige argumentieren, dass solche Fragen nicht gestellt werden dürfen, weil Zeit in der Quantenmechanik nicht beobachtbar ist. Andere wiederum argumentieren, wir sollten einfach den Elektronenwellenpaketen folgen und ihre Gruppenverzögerungen bestimmen: die Ionisationszeit. Letzteres trifft nicht immer zu und kann zu irreführenden Ergebnissen führen, da es kein „Erhaltungsgesetz“ für den Peak oder den Schwerpunkt des Wellenpakets gibt. Die zeitabhängige Schrödinger-Gleichung (TDSE) kann in den meisten Fällen nicht ohne Näherungen gelöst werden. Semiklassische Modelle scheinen dagegen viele aktuelle Attosekundenmessungen überraschend gut zu erklären. In diesem Vortrag werden die neuesten Fortschritte bei Attosekundenmessungen in der Quantenmechanik in Bezug auf Tunnel- und Ionisationszeiten besprochen.

Felicitas Pauss ML, Genf (Schweiz)

Eine Zeitreise zum Urknall

Unsere Zeitreise zum Urknall – eine Archäologie des Universums – führt uns von den unendlich großen kosmischen Dimensionen unseres sichtbaren Universums zu den unendlich kleinen Dimensionen in den ersten Augenblicken nach dem Urknall.

Teilchenbeschleuniger wie der *Large Hadron Collider* (LHC) am CERN an der schweizerisch-französischen Grenze bei Genf sind Supermikroskope, mit denen wir den Mikrokosmos erforschen können. Mit dem LHC untersuchen wir im Detail die Wechselwirkungen zwischen den Grundbausteinen der Materie. Darüber hinaus können auch die wichtigen Fragen nach neuen Formen der Materie und neuen Symmetrien untersucht werden. Der LHC ist aber auch eine „Zeitmaschine“, die es uns ermöglicht, die physikalischen Gesetze der ersten Momente nach dem Urknall zu studieren.

Der Vortrag beleuchtet den gegenwärtigen Stand und die Zukunftsperspektiven dieser faszinierenden Forschung. Der Zusammenhang zwischen Grundlagenforschung und Innovation spielt dabei eine genauso wichtige Rolle wie das Zusammenspiel von großen internationalen Kollaborationen.

Wolfgang P. Schleich ML, Ulm

Der Pfeil der Zeit

Viele fundamentale Gleichungen der Physik, wie z. B. das Newtonsche Gesetz der klassischen Mechanik oder die Maxwell-Gleichungen der Elektrodynamik, sind zeitinvariant. Dies bedeutet, dass wenn man einen Film, der ein Phänomen der Mechanik beschreibt, rückwärtslaufen lassen würde, so würde die gezeigte Handlung mit den Gesetzen der Natur in Einklang stehen. Andererseits spüren wir im täglichen Leben, dass die Zeit dennoch nur in einer Richtung fortschreitet und die Vergangenheit uns nicht zugänglich ist. Diese Tatsache ist in dem Begriff *Pfeil der Zeit* zusammengefasst.

Im Rahmen dieses Vortrags werden einige Vorschläge für den *Pfeil der Zeit* diskutiert und Besonderheiten wie das Gödel-Universum vorgestellt. Angeregt durch Diskussionen mit Albert Einstein hat der Mathematiker Kurt Gödel 1949 eine exakte kosmologische Lösung der Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie mit geschlossenen Weltlinien gefunden. Somit sind Zeitreisen nicht mehr ausgeschlossen, und man kann in seine eigene Vergangenheit reisen. Anhand von Computeranimationen werden wir dieses Universum näher illustrieren.

Sitzung II – Zeit in Chemie und Biologie

Paul P. Rainey, Plön

Zeit und die Ursprünge biologischer Komplexität

Das Leben ist hierarchisch strukturiert, mit replizierenden Einheiten, die in selbstreplizierende Strukturen höherer Ordnung eingebettet sind. Nehmen wir z. B. das multizelluläre Leben: Die multizelluläre Entität repliziert sich, ebenso wie die Zellen, die den Organismus bilden. In den Zellen befinden sich Mitochondrien, die ebenfalls die Fähigkeit zur autonomen Replikation haben; dasselbe gilt für die Chromosomen im Kern und für die Gene, welche die Chromosomen bilden. Eine solche hierarchische Struktur spiegelt eine Reihe von wichtigen evolutionären Übergängen wider, in denen selbstreplizierende Einheiten niedriger Ordnung in Strukturen höherer Ordnung zusammengefasst wurden. Entscheidend für jeden Übergang war die Ausbildung von Bedingungen, die es der Selektion erlaubten, über einen längeren Zeitraum zu wirken, als die Replikationsrate von Partikeln mit niedrigerem Niveau ausmacht. Der Vortrag stellt die oft übersehenen ökologischen Faktoren in den Vordergrund und diskutiert das Entstehen von Zeiträumen von Relevanz für die Evolution und die Auswirkungen mehrerer Zeiträume auf die Entwicklung der Komplexität des Lebens, einschließlich seiner hierarchischen Struktur.

Biomolekulare Simulationen mit mehreren Auflösungs niveaus und Zeitskalen: Ein Überblick über methodische Aspekte

Theoretische und computergestützte Modellierungen, die der Erklärung experimenteller Beobachtungen im Hinblick auf ein bestimmtes chemisches Phänomen oder einen bestimmten chemischen Prozess dienen, erfordern eine Reihe von Annahmen. Diese Annahmen betreffen die essentiellen Freiheitsgrade, die Art der Wechselwirkungen und die Erzeugung eines Boltzmann-Ensembles oder einer Konfigurations-trajektorie. Abhängig von den Freiheitsgraden, die für den interessierenden Prozess unabdingbar sind, wie z. B. elektronische, nukleare oder atomare, molekulare oder supramolekulare, müssen quanten-mechanische oder klassisch-mechanische Bewegungsgleichungen angewendet werden. In Simulationen mit unterschiedlichen Auflösungs niveaus werden verschiedene Ebenen, wie elektronische, atomare, supra-atomare oder supramolekulare Ebenen, in einem einzigen Modell vereint. Dies erlaubt eine Steigerung der Recheneffizienz, wobei eine ausreichende Genauigkeit im Hinblick auf die bestimmten Freiheitsgrade erhalten bleibt. Ein Überblick über die grundlegenden Herausforderungen und Annahmen in Bezug auf Modellierungen mit unterschiedlichen Auflösungs niveaus wird gegeben.

Sitzung III – Philosophie und Psychologie

David Poeppel, Frankfurt (Main)

Zeit im Kopf: Sprachrhythmen und Hirnrhythmen

Musik ist rhythmisch (das ist jedem klar), Sprache ist rhythmisch (etwas weniger transparent) – und so auch das Gehirn (fast niemandem bekannt). Neue neurobiologische und psychologische Forschungen zeigen, dass die zeitliche Struktur von Sprache und Musik sowie die zeitliche Organisation verschiedener Hirnstrukturen und Prozesse systematisch aufeinander abgestimmt sind. Die Rolle, die Gehirnrhythmen – neuronale Oszillationen – für die Wahrnehmung und das Erkennen spielen, wird durch experimentelle Studien mit verschiedenen Methoden erklärt. Eine Auswahl von intuitiv einfachen, unterhaltsamen und überraschenden Ergebnissen zeigt, wie die zeitliche Struktur solchen Wahrnehmungserlebnissen zugrunde liegt. Vom Erkennen von Sprache und Melodien bis zum Aufbau abstrakter mentaler Repräsentationen enthüllen die kognitiven Neurowissenschaften, wie neurobiologische Mechanismen verschiedene zeitliche Bausteine für Kognition zur Verfügung stellen.

Philosophie der Zeit

Zeit ist eine grundlegende Dimension für den Menschen – egal, ob man ihn als ein biologisch-physikalisches oder als ein geistiges Wesen betrachtet. Entsprechend beschäftigt sich eine Vielzahl akademischer Disziplinen mit Fragen zum Thema Zeit in jeweils unterschiedlichen Erscheinungsformen: als physikalische Zeit, als geologische Tiefenzeit, als individuell erlebte oder psychologische Zeit, als gesellschaftlich-intersubjektive Zeit, als historische Zeit usw. Allerdings werden selten die Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Verbindungen dieser Diskussionen aufgezeigt. An dieser Stelle kann die Philosophie eine wichtige Koordinationsaufgabe übernehmen. Und genau dies exemplarisch aufzuzeigen, ist Anliegen dieses Vortrags. Ausgehend von einigen wenigen begrifflichen Unterscheidungen, die insbesondere die allgemeinen Grundtypen von Zeitordnungen betreffen, werden einzelne Aspekte aus den Themenbereichen der anderen Vorträge herausgegriffen und zueinander in Beziehung gesetzt. Daraus ergeben sich auch Einblicke in das Verhältnis von eher wissenschaftsphilosophisch-theoretischen Fragestellungen, die beispielsweise den physikalischen Zeitpfeil oder die Chronobiologie betreffen, zu solchen aus einem eher gesellschaftlich-ethischen Kontext, in dem es beispielsweise um historische Gerechtigkeit oder eine bestimmte Form der Chronopolitik geht. Dabei zeigt sich, dass gewichtige Unterschiede in den Positionen und Disziplinen oftmals mit einem Unterschied darin einhergehen, wie über die Existenz der drei Zeitmodalitäten gedacht wird – also ob oder inwiefern man annimmt, dass neben der Gegenwart auch die Vergangenheit und die Zukunft existieren.

Sitzung IV – Zeit in der Mathematik und Mathematik der Zeit

Martin Grötschel ML, Berlin

Mathematik, Informationstechnik und Zeit

In der Einleitung zu seinem Vortrag „Raum und Zeit“, in der er das revolutionäre Konzept der Raumzeit beschreibt, formulierte Hermann Minkowski 1908 einen der poetischsten Sätze, den man in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Literatur finden kann:

„Von Stund’ an sollen Raum für sich und Zeit für sich völlig zu Schatten herabsinken und nur noch eine Art Union der beiden soll Selbständigkeit bewahren.“

Heute geht es nüchterner zu. Die Zeit wird einfach als eine Variable betrachtet, die bei der mathematischen Modellierung von Prozessen in der Natur, Technik oder Gesellschaft zu berücksichtigen ist. Die Frage, was Zeit eigentlich ist, wird dabei in Mathematik und Informatik (so gut wie) nicht diskutiert. Der Fokus ist pragmatisch und liegt auf der Wechselwirkung der Zeit mit anderen Variablen. Ob die Zeit als kontinuierlich oder diskret aufgefasst wird, hängt von der jeweils betrachteten Anwendung ab. Speziell in der Informatik spielt heute das Thema „Laufzeit“ (von Algorithmen auf Rechnern) eine besonders große Rolle. Begriffe wie *Online-Algorithmen* und *Realzeit* sind fast schon „Alltagsjargon“. Der Vortrag gibt einen allgemein verständlichen Überblick über die hier angedeuteten Aspekte der Zeit.

Schimären in Physik und Biologie: Synchronisation und Desynchronisation von Rhythmen

Rhythmen prägen unser Leben auf vielfältige Weise, z. B. durch Herzschlag und Atmung, oszillierende Gehirnströme, Lebenszyklen und Jahreszeiten, Uhren und Metronome, pulsierende Laser, Übertragung von Datenpaketen und vieles andere. Die Physik komplexer nichtlinearer Systeme hat Methoden entwickelt, wie periodische Schwingungen und deren Synchronisation in komplexen Netzwerken, die aus vielen Bestandteilen zusammengesetzt sind, beschrieben und analysiert werden können. Synchronisierte Oszillationen, aber auch völlig desynchronisierte, chaotische Oszillationen spielen eine große Rolle in vielen Netzwerken in Natur und Technik. Beispielsweise ist das synchronisierte Feuern aller Neuronen im Gehirn ein pathologischer Zustand, etwa bei Epilepsie oder Parkinson, und sollte unterdrückt werden, wie auch synchrone mechanische Schwingungen von Brücken. Andererseits ist die Synchronisation erwünscht beim stabilen Betrieb von Stromnetzen oder bei der verschlüsselten Kommunikation mit chaotischen Signalen. In Netzwerken aus identischen Komponenten können sich überraschenderweise auch spontan Hybrid-Zustände („Schimären“) bilden, die aus räumlich koexistierenden synchronisierten und desynchronisierten Bereichen bestehen, welche scheinbar nicht zusammenpassen. Diese könnten relevant sein bei der Auslösung oder Beendigung epileptischer Anfälle oder beim halbseitigen Schlaf einer Gehirnhälfte, der bei bestimmten Zugvögeln oder Säugetieren auftritt, oder beim kaskadenartigen Zusammenbruch des Stromnetzes.

Sitzung V – Chronobiologie und Chronomedizin

Steve A. Kay, Los Angeles (CA, USA)

Uhren in der Translation: Zirkadiane Rhythmen in Gesundheit und Krankheit

Unser Labor untersucht den Aufbau und die Architektur zirkadianer Netzwerke bei Pflanzen und Tieren. Diese Netzwerke bieten den Organismen adaptive Vorteile und sind heute in ihrer Integration mit vielen anderen regulatorischen Modulen in mehreren Zelltypen allgegenwärtig. Wir verwenden Hochdurchsatz-Verfahren in genomischen und chemischen Biologie-Pipelines, um Netzwerkkomponenten zu identifizieren. Mechanistische Ansätze werden angewendet, um ihre komplexen Funktionen und Wechselwirkungen zu verstehen. Wir konnten sowohl in pflanzlichen als auch in tierischen Systemen feststellen, dass zirkadiane Netzwerke hierarchisch aufgebaut sind und aus regulatorischen Ebenen bestehen, die auf dem transkriptionellen und posttranskriptionellen Niveau wirken. Weiterhin stellen wir zunehmend fest, dass der zirkadiane Rhythmus eng mit den metabolischen Netzwerken verflochten ist und mit gegenseitigen regulatorischen Wechselwirkungen arbeitet.

Da wir nun über eine recht robuste Wissensbasis verfügen, können wir unsere Erkenntnisse zur Zusammensetzung und Dynamik von Uhrenproteinen für eine spezifische translationale Anwendung in der landwirtschaftlichen Biotechnologie bei Nutzpflanzenarten und in der Arzneimittelentwicklung für Menschen nutzen. Konkrete Beispiele für eine solche Wissenstranslation werden präsentiert.

Licht, Schlaf und zirkadiane Wechselwirkungen: Von der Biologie zu neuen therapeutischen Zielmolekülen

Im Zuge der Untersuchungen, wie zirkadiane Rhythmen und Schlaf durch den Morgen- bzw. Dämmerungszyklus reguliert werden, haben wir die Existenz einer „dritten Klasse“ von Fotorezeptoren im Auge belegt. Diese neuen Fotorezeptoren bestehen aus einer kleinen Anzahl von lichtempfindlichen retinalen Ganglienzellen (pRGCs), die das blaulichtempfindliche Fotopigment Melanopsin (OPN4) verwenden. Trotz rascher Fortschritte im Verständnis der komplexen intrazellulären Mechanismen, die zirkadiane Rhythmen erzeugen, sind die molekularen Wege, auf denen die pRGCs die zirkadiane Biologie mitziehen, noch kaum erforscht.

Der Nucleus suprachiasmaticus ist das Gebiet der primären zirkadianen Schrittmacher im Gehirn von Säugetieren. Bis vor kurzem bestand das *Entrainment*-Modell aus einem einfachen linearen Weg, bei dem die Glutamatfreisetzung aus den pRGCs zu einem Ca^{2+} -Einfluss und erhöhtem intrazellulärem cAMP in den Neuronen des Nucleus suprachiasmaticus führte. Dies wiederum resultierte in einer CREB-Phosphorylierung, die eine erhöhte Transkription der zwei Schlüsseluhrgene, *Per1* und *Per2*, herbeiführte, die das molekulare Uhrwerk entweder vorantrieben oder drosselten. Ein wichtiges Merkmal des *Entrainments* ist jedoch, dass die zirkadianen Reaktionen auf Licht begrenzt sind – wie der Jetlag verdeutlicht. Pro durchquerte Zeitzone benötigt der Körper einen Tag, um sich vollständig vom Jetlag zu erholen. Wir befassten uns mit dieser Problematik und identifizierten und charakterisierten eine Schlüsselrolle für die salzinduzierbare Kinase 1 (SIK1) und den CREB-geregelten Transkriptionskoaktivator 1 (CRTC1) bei der Uhrenumstellung. Darüber hinaus zeigen unsere jüngsten unveröffentlichten Ergebnisse, dass Licht-*Entrainment* auch mit der parallelen Aktivierung eines Ca^{2+} -ERK1/2-AP-1-Signalwegs einhergeht. Demzufolge steuern sowohl CRE- als auch AP-1-Regulierungselemente die lichtinduzierte Expression der Uhrgene.

Diese Feststellungen führten dann zu einem neuen Verständnis, wie das Schlaf-Wach-Verhalten die Wirkung von Licht auf das molekulare Uhrwerk moduliert. Adenosin bildet sich im Gehirn während der Wachphase und löst sich im Schlaf auf. Somit wird die Geschichte des Schlafens und Wachens effektiv kodiert. Pharmakologische und genetische Untersuchungen zeigen, dass Adenosin auch auf das zirkadiane Uhrwerk über A_1/A_{2A} -Signalisierung einwirkt, indem es die Ca^{2+} -ERK1/2-AP-1- und CREB/CRTC1-CRE-Signalwege aktiviert, um die Uhrgene *Per1* und *Per2* zu regulieren. Wir zeigen, dass diese Signalwege zusammengeführt werden und die gleichen durch Licht aktivierten Signalwege effektiv hemmen. Die resultierende Phasenver-

schiebung der zirkadianen Uhr ist somit ein integriertes Produkt aus einer Schlaf-Wach-Geschichte (über Adenosin) und Licht.

Schlussendlich untersucht der Vortrag, wie solche Signalmechanismen ein potenzielles neues und spannendes Ziel für die Regulation des zirkadianen Rhythmus und den „pharmakologischen“ Ersatz von Licht in der Umstellung des Schlaf-/Wachrhythmus bei Menschen ohne Augenlicht oder bei Menschen mit schweren zirkadianen Rhythmusstörungen wie Schizophrenie und Demenz darstellen.

Charles A. Czeisler, Boston (MA, USA)

Chronomedizin

Keine Zusammenfassung verfügbar.

Sitzung VI – Zeit im Leben

John McNeill, Washington D.C. (USA)

Globale Umweltgeschichte der industriellen Revolution, 1780 bis heute

Der Vortrag untersucht die ökologischen Auswirkungen der Mobilisierung immer größerer Mengen an Erzen, Fasern und Schmierstoffen sowie anderen Materialien, die für die Industrialisierung benötigt werden, auf Asien, Afrika und Amerika. Er führt das Konzept der ökologischen Fernverbindungen ein zur Darstellung der Beziehung zwischen der Industrialisierung in Großbritannien, Europa und dem östlichen Nordamerika und den Gebieten und Völkern, die Blei, Zinn, Kupfer, Wolle, Baumwolle, Leder, Walöl, Palmöl, Guttapercha, Elfenbein und Dutzende anderer Materialien lieferten, die mehr oder weniger direkt aus der Natur stammen. Der Vortrag weist auch auf das Konzept der ökologischen Fernverbindungen in Zeit und Raum hin, zum Beispiel anhand der Kohlendioxidkonzentrationen in der Atmosphäre und des Klimawandels.

Wie wir die Zeit nutzen und warum

Ökonomen haben immens viel über die auf Arbeit verbrachte Zeit erforscht, allerdings haben sie kaum untersucht, wie Menschen ihre Zeit außerhalb der bezahlten Tätigkeit nutzen. Diese Vernachlässigung ist bedeutsam, da die arbeitsfreie Zeit für einen durchschnittlichen Erwachsenen in den westlichen Volkswirtschaften 20 Stunden pro Tag beträgt. Anhand von Daten aus den USA, Frankreich, Deutschland und dem Vereinigten Königreich wird in diesem Vortrag untersucht, wieviel Zeit wir für verschiedene Aktivitäten aufwenden, einschließlich der Zeiten für Schlaf und Fernsehen, die größte und die drittgrößte Nutzung der Zeit. Der Beitrag betrachtet, wie Zeitnutzung zwischen verschiedenen demographischen Gruppen differiert und welche Auswirkungen wirtschaftliche Anreize, wie Einkommen und Löhne, auf sie haben. Untersucht wird, wie sich Zeitzonen auf unser Zeitverbringen auswirken; außerdem wird gezeigt, wie von Menschen empfundener Zeitstress durch deren ökonomische Verhältnisse beeinflusst wird. Abschließend wird geprüft, wie Veränderungen in der Wirtschaftspolitik Menschen dazu bringen können, ihre Aktivitäten zu ändern, um ein stressfreieres Leben zu gestalten, in dem Zeit gleichmäßiger über ihr Leben verteilt wird.

Zeit zu leben, Zeit zu sterben.

Der Zusammenhang von Jahreszeiten mit Geburt, Gesundheit und Tod.

Gesundheit und Sterblichkeit sind ein Produkt des Zusammenspiels von Natur und Kultur. In den letzten 150 Jahren hat dieses Zusammenspiel dazu geführt, dass wir nicht nur immer länger leben, sondern dabei auch immer länger gesund und aktiv sind. Wie kann man sich dieses Zusammenspiel vorstellen? Saisonale Zyklen haben sowohl einen Einfluss auf den Zeitpunkt der Geburt, die körperliche Konstitution von Geburt an und den Zeitpunkt des Todes. Die Anzahl der Geburten unterscheidet sich nach Jahreszeiten, wobei sich in Deutschland das saisonale Muster über die Jahrzehnte gewandelt hat. Inwieweit dafür kulturelle Muster und biologische Ursachen verantwortlich sind, ist nach wie vor unklar. Das Risiko, an Diabetes und den daraus resultierenden chronischen kardiovaskulären Erkrankungen und Demenzen zu leiden, divergiert nach Geburtsmonat, genauso wie die Lebenserwartung im Alter. Das Muster unterscheidet sich auf der Nord- und Südhalbkugel und ist selbst unter Hundertjährigen noch nachzuweisen. Saisonale Infektionen und Ernährungsmuster werden als Ursache diskutiert. Die Sterblichkeit schwankt in Abhängigkeit von der Außentemperatur, zusätzlich führen extreme Wettersituationen zu Sterblichkeitspitzen. Die Förderung der allgemeinen Gesundheit der Bevölkerung, eine verbesserte medizinische und pflegerische Versorgung und ein gesundheitsbewusster Lebensstil sind in der Lage, externe „naturegegebene“ Einflussfaktoren zu verändern und zu kompensieren. Dennoch beeinflussen sie nach wie vor unsere Gesundheit und Lebenserwartung.

Veranstaltungsort

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Jägerberg 1
06108 Halle (Saale)

