

**An Interdisciplinary Discourse
on**

**R E G
U L A
T I O N**

List of Contributors

Hermann Auernhammer, Martin Grambow, Michael von Hauff,
Alois Heissenhuber, Brigitte Helmreich, Werner Lang, Anastassia Makarieva,
Klaus Mainzer, Holger Magel, Helmut Milz, Wolfram Mauser, Ortwin Renn,
Yonghui Song, Rao Surampalli, Markus Vogt, Mirka Wilderer, Peter Wilderer

cover design by carolin

Nota bene

The content of the contributions to this publication is the sole responsibility of the respective authors.

In the course of the preparation of this work, it was shown that the Dahlem Conference format can also be implemented without the usual personal attendance requirement.

However, the personal presence of the authors and face-to-face communication would have facilitated an even more profound exchange of knowledge and experience and experiences.

Memorandum

Biotic Self-Regulation: Model for Man-made Systems?

Guiding principle

Wisdom is not to depart from nature

but to be guided by it.

Seneca (58 AD), in his essay on "The Happy Life".

Scientific Mentors

Wolfgang Haber

Martin Grambow

Peter Wilderer

2024

Foreword by the Editors

As the Institute for Earth System Preservation (IESP) of the European Academy of Sciences and Arts (EASA), we are pleased to publish the following memorandum. We want to thank Mr. Peter Wilderer, founder of IESP, for his initiative and tireless efforts in the preparation of this publication.

The question approached in the memorandum, namely to consider regulatory processes of nature as a possible model for our treatment of our planet, is of fundamental importance for our survival and challenge. This requires a thorough intellectual debate involving all scientific disciplines and is therefore well placed within EASA. The contributions provide a first high-level glance at the dimensionality of the topic. We are faced with the epochal task of uniting the many other aspects mentioned into an overall picture of the Anthropocene, ensuring the survival of mankind based on nature.

A start has been made! It arouses curiosity, it invites participation, discourse, deepening and controversy within EASA and beyond.

The Executive Board of the IESP

*Prof. Dr. Michael von Hauff (Chairman of the Board), Prof. Dr. Klaus Mainzer
(ex officio member of the Board), Dr. Martin Steger, Prof. Dr. Jörg E. Drewes,
Prof. Dr. Wolfram Mauser*

Selection of previous topics,
addressed by IESP in cooperation with TUM-IAS.

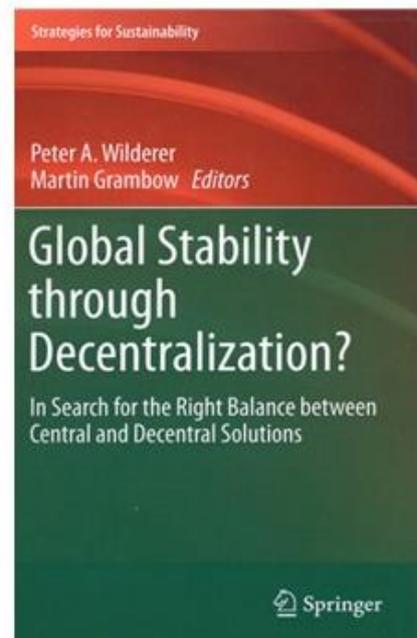
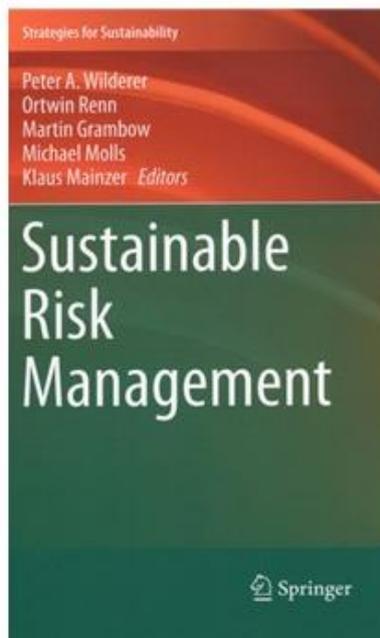
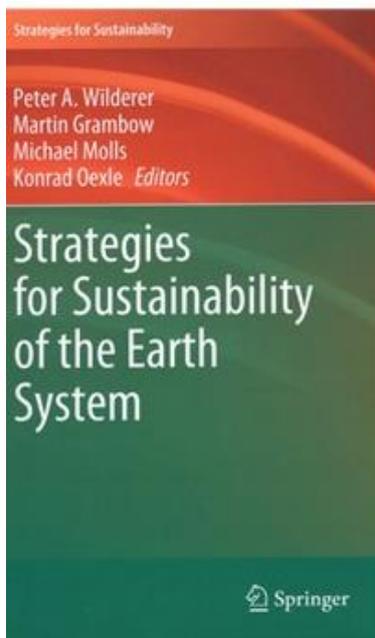
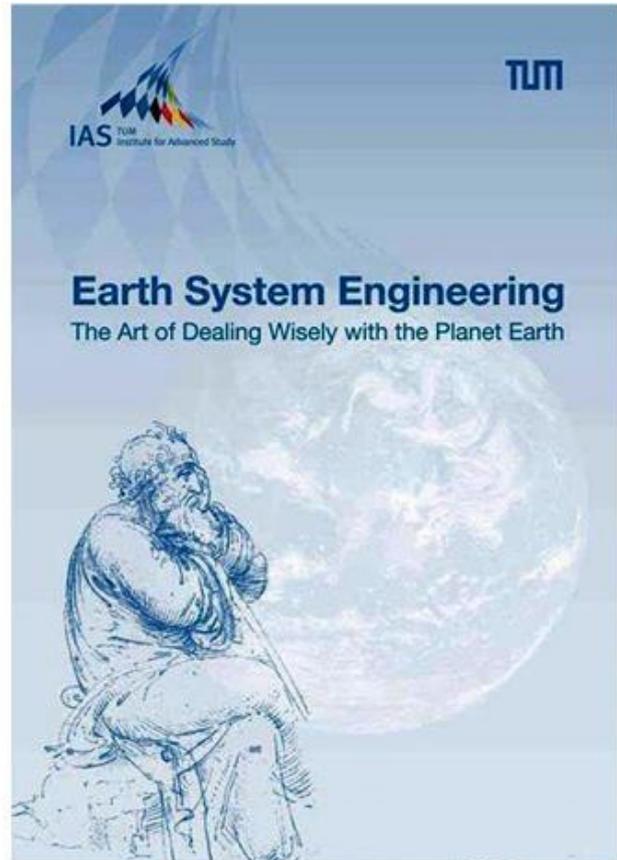
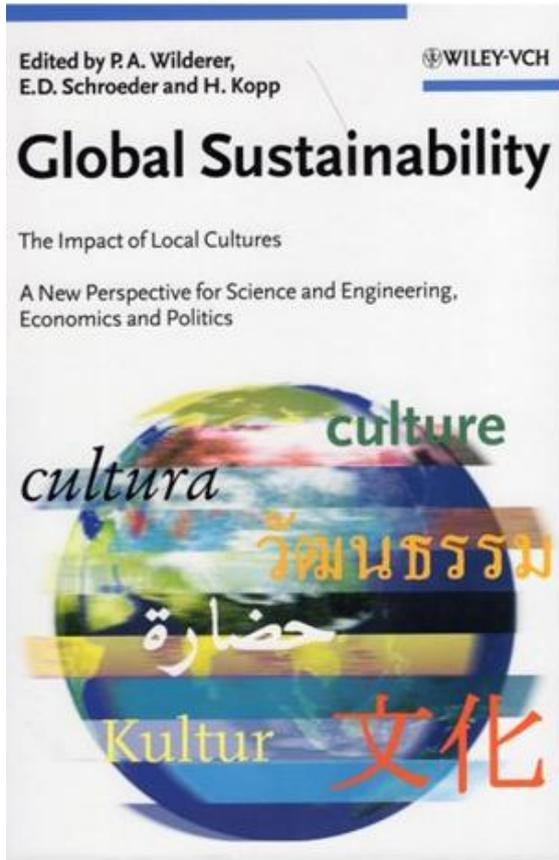


Table of Content

Editorial		8
------------------	--	---

Examples of Biotic Self-Regulation

Introduction	Wilderer, P	11
Trees can do more than just store CO2	Recension	13
Dynamic possibilities of human self-regulation	Milz, H	19

Guiding Principles of Anthropogenic System Regulation

Autopoiesis and the Ethical Maxime of Retinity	Vogt, M.	19
Digital modeling of the self-regulation of complex dynamic systems: What can we learn from this?	Mainzer, K.	21
Systemic Risks and Polycrisis: The need for an integrative approach	Renn, O.	25
Diversity of Thought for Self-Regulation	Wilderer, M.	29
Towards a better understanding of the Earth system through an expanded model of the Anthropocene, and the derived rules for a reasonable reaction.	Grambow, M.	32
Why it is Urgent to take a Proactive Attitude towards Protecting the Existing Natural Forests	Makarieva A.	37

Experiences from Practice and Suggestions for an Innovative Approach

Progressive Thinking in Economics	v. Hauff, M.	43
Contribution of the Building Sector to the Preservation of the Functionality of the Earth System	Lang, W.	46

Sustainable Management of Stormwater Runoff in Sealed Areas	Helmreich, B.	51
Thoughts and Proposals for a Rule-based and Sustainable Agriculture	Heissenhuber, A.	54
Progress of Regulation in Modern Agriculture	Auernhammer, H.	56
From Homo destructor to Homo constructor: Review of a book issued by Werner Bätzing	Magel, H.	61
Co-evolution instead of Domination: Not technology endangers the Earth System but or handling of it!	Mauser, W.	65
Natural Wastewater Treatment Systems for Domestic Sewage: A Message from India	Surampalli, R.	69
Strategic Thinking on Dealing with the Earth Crisis: A Message from China	Song, Yonghui	74
Resilience Thinking and the Importance of Adaptive Cycles	Wilderer, P.	77

Synthesis	80
------------------	----

Recommendations for Action	83
-----------------------------------	----

Abbreviations	85
----------------------	----

Editorial

The question of whether biotic self-regulation can be considered as a model for anthropogenic systems can be answered with a "yes, but" after a critical examination of the contributions compiled in this anthology.

In principle, humans are part of living nature and at the same time - according to our understanding – an image of the functioning of earth systems. Our body reacts to internal and external challenges in a naturally self-regulated way. There is therefore no reason not to assume that biotic self-regulation can also be transferred to the human body. The transformation of biotic self-regulation from ecosystems to social or even economic and state systems is more complex than might be assumed at first glance. In living nature, social systems, such as bee colonies, are also self-regulated. However, in the social systems of humans, regulation is based on other anthropological preconditions. In contrast to other living beings, humans are characterized in their behavior by their own free will and a high degree of creative freedom and openness to the world. Added to this is their ability to generate knowledge, pass it on and use it in practice to change the environment.

Through their ability to attribute meaning and significance to their actions, people create their cultural biotopes, such as cities, industrial areas, agricultural production sites, recreational areas and much more. Although these biotopes are existentially dependent on the services of nature, they are shaped by artificial new worlds thanks to knowledge, technology and art. On the one hand, cultural biotopes are dependent on natural inputs, but at the same time offer cross-natural design spaces in which people can develop economic, social and cultural activities. This can lead to two dangerous self-deceptions: firstly, the illusion that natural inputs are guaranteed in the long term, regardless of how much humans intervene in natural cycles (technical hubris), and secondly, the naïve idea that a "return to nature" would automatically trigger humane and sustainable human development. The transformation from natural to culturally shaped biotopes is the only chance of maintaining humane living conditions for humanity in the future, at least given today's population density. At the same time, however, these transformations are dependent on the expansion of cultural biotopes not jeopardizing the existential natural cycles. Important keywords here are: Climate protection, preservation of biodiversity, minimization of harmful emissions and waste, and conservation of resources and land. It must also be questioned whether nature should only be regarded as a source of ecological services for humans, but whether it also has an intrinsic value independent of human needs. The inherent dynamics of natural cycles are therefore an important orientation for the creation of cultural biotopes, but can only be partially transferred to the design of these biotopes.

This insight makes it necessary to enter into a profound discourse on the parallels and differences between biotic and cultural regulation. A rethink is urgently needed and in a new dimension. Quotes from Sophocles, Confucius, Socrates, Seneca and many others show that even in ancient times, philosophers emphatically called for an active, reason-based attitude and the resulting actions of the individual and society - with the aim of justice and the preservation of social and spiritual order; in our thinking, however, their external framework was always limited by nature or the immovable creation and thus predetermined.

In this light, the Anthropocene, with its changes to the Earth system, not only describes a new geological era. Humanity's technical ability to influence this creation, which was previously regarded as God-given and therefore out of control of humans, now includes a significant influence on geophysical and geochemical cycles and thus includes the potential destruction of the systems that enable and sustain life. This has given rise to a new responsibility towards

humanity as a whole, but also towards animate and inanimate nature, which surpasses all previous ideas. Only the philosophers of the 20th century, above all Hans Jonas, recognized this new ethical and political dimension and derived new conclusions from it, such as the ecological imperative. Replacing technical arrogance with holistic modesty is a piece of advice that should be understood as a principle. This is the only way to overcome the fatal tendency towards technical hubris.

Basically, as from antiquity to the Enlightenment, it is once again a matter of establishing a basic ethical attitude for people and human societies, but this time under new planetary boundary conditions. A sustainable counterpart to biotic self-regulation can be created in particular by overcoming destructive attitudes such as hatred, envy, greed and revenge. On this basis, it should also be possible to achieve a breakthrough in compliance with ethical standards concerning the surrounding nature. This requires a high level of education, persuasion and communication for all sections of the population. To be effective, however, education should be based on local and indigenous traditions and begin in childhood, or even better, in infancy. After all, it can be assumed that love, and thus also parental guidance is a building block for avoiding hatred and resentment. The experience of love, security and prosperity is therefore one of the prerequisites for ethical behavior with a lasting effect.

Instructions on ethical and moral behavior are not an invention of the Anthropocene. A large number of instructions have been developed since antiquity. Some have prevailed, others have been forgotten, many are recognized but not put into practice. Above all, the view of the superiority of human knowledge over the natural control loops emerging from evolution has developed into a destructive tendency for humanity and nature. Decisions and developments that were initially seen as beneficial have in many cases led to dramatic damage. The measures proposed by Paul Crutzen to combat the destruction of the ozone layer in the stratosphere can serve as an example of how to achieve a sustainable and balanced equilibrium between natural and cultural evolution. Many other positive examples, suggestions and proposals have been compiled in this anthology. There is a unanimous call for a rethink of the current myth of progress. Above all, the aim is to incorporate the creative power of humans into adaptive cycles to ensure resilient, nature-oriented and sustainable development.

Many of the contributions in this volume describe the achievements and further developments in specialist areas such as business, medicine, agriculture, architecture and water management. The enormous challenges of our time, triggered by climate change, the overestimation of economic growth and the belief in the omnipotence of technology, can only be overcome by questioning the status quo and being open to alternative solutions. The authors call on society to take advantage of the opportunities associated with a wealth of new findings and methods from science and practice. However, resilient and sustainable provision for the future is not ensured by romanticizing nature, but by the targeted and careful use of technology and innovative products. Here are two examples from the contributions: The targeted use of fertilizers for regenerative agriculture is mentioned as a new way of producing food in an environmentally friendly way. The intelligent use of artificial intelligence in all areas of science, business and administration is of great importance on the road to a resilient, sustainable future.

It is noteworthy that significant innovations are increasingly being created by multi-disciplinary and international working groups. This does not only apply to the scientific field. The implementation and bundling of knowledge from neighboring schools of thought, but also from practical experience and indigenous traditions, can bring humanity closer to the required balance between nature and culture with the help of interdisciplinary and

transdisciplinary teams. However, this requires appropriate overarching quality control and the political will to support these activities with the necessary resources.

In preparing this work, scientists from different disciplines and countries were invited to contribute their respective experiences, knowledge and perspectives to answer the overarching question formulated in the title of this work. The format of the Dahlem Conferences served, in a modified form, as a model for the interdisciplinary discourse practiced here. To this end, contributions were compiled and opened up for discussion to develop recommendations for action for science, business and society. The selection of recommendations is printed in the final chapter of this volume and can be seen as an invitation to reflect, but also to criticize. The more and more intensively the relationship between nature and culture is considered and constructively debated, the more likely it will be to ensure a resilient and sustainable future for humans and nature.

Discussion

Question by Ortwin Renn: What is meant by "fractal of the functioning of earth systems"? (see above first sentence in the second paragraph)

The answer of Martin Grambow: The use of "fractal" is initially a semantic reference to Küppers' chaos theory and Maturana's self-organization. We live in a self-organizing chaotic system.

However, the term is also philosophically and scientifically charged: In my opinion, humans are a "typical" image of the earth system because they only function themselves through symbiotic biological processes within the body and, as rational holobionts, can only exist in interaction with the "external" nature.

Peter Wilderer is concerned with the question of whether humans stand out atypically from the non-anthropogenic natural ecosystem due to their intellect or - according to Helmuth Milz - due to their sense/thinking capacity, i.e. whether they are not a typical image or even form a kind of antithesis.

However, I am convinced that we humans are an inseparable and "intended" part of creation - which in turn is both an analogy to religious interpretations ("image of the Creator") and - according to James Lovelock - corresponds to a plan of creation (Gaia). Thus, man is both part of living nature and unique. This makes us - in my understanding - a typical reflection of the functioning of the earth system, which for a million years has been composed of basic biological, chemical and physical processes, and the intellectual performance of the mind of homo sapiens. Consequently, we (humans) are not there to destroy the earth, but on the contrary, to expand the life-sustaining, stabilizing repertoire of nature.

Examples of Biotic Self-Regulation

Introduction

Since the existence of life on Earth, changes in the Earth system have had an existential importance for life on Earth as a whole and for individual living beings in particular. Today, we live in a time characterized by unique changes in the Earth system. This gives rise to the need to think about measures that will help maintain the Earth system's ability to function under these new influences. As Paul Crutzen has shown, this requires measures that fall into the realm of "geoengineering." Such far-reaching intervention should be well considered, however, because negative side effects are usually unpredictable in the application of technology and can rarely be ruled out.

Dr.-Ing Peter Wilderer
TUM Senior Excellence Faculty
Bio-Engineer and
Water Scientist
Fellow of AAAS and EASA
2003 Stockholm Water Laureate

In philosophy, the term "system" and thus also the term "Earth system" is understood as the combination of a manifold into a unified and well-structured whole, in which the individual occupies an appropriate position about the whole and to the other parts [1]. Thus, when applying measures to preserve the functioning of the Earth system, an appropriate, systemic approach is a mandatory prerequisite.

Massive changes in the Earth system, caused in the past for example by the impact of meteorites, have led to the repeated extinction of numerous species of living beings including the dinosaurs, but not to the extinction of life as such. The reason for it was in particular the ability of life to self-preservation. This existence-securing characteristic of life is given to every living cell as well as to all other organisms including the human being. Gorshkov et al. [2] called this life-sustaining process "biotic regulation", also called self-preservation instinct, self-regulation, or autonomous regulation.

In the definition of "system" the term "manifoldness" does not only refer to the global Earth system. Equally manifold are the different geographic, orographic, climatic, and traditionally shaped regions of the earth. The system concept described above applies to each region individually. It requires specially adapted solutions for the preservation of the functionality of the respective region including the preservation of the nature-given self-regulation ability of regions and their parts.

Mankind replaces on a large scale the phenomenon of biotic self-regulation by a willful, also cognitively based regulation of the Earth system and its subsystems. In the Jewish/Christian-influenced countries (also in Islam) this claim is derived from the Old Testament commandment, according to which man may or even should subdue the earth and thus the environment.

As Yuval Harari [3]) impressively points out in his eloquent account of human history, in the epoch of the Anthropocene the claim to use, often overuse, vital resources such as air, water, soil, and forests has now reached a level that seems threatening life on Earth.

It was Carl von Carlowitz [4] who, in his paper on "Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht" realized that overusing forests as a source of wood has detrimental effects on nature and economy alike. Thus, he demanded that, to ensure the sustainable use of wood, the felling of trees must be based on the growth of trees.

As is well known, the term "growth" has a time dimension. A tree takes several decades to mature for profitable gains. And so, the sustainability imperative initiated by Carlowitz also has a time dimension. This often goes beyond the imaginative horizon of man and his representatives in business and politics. Patience is required. However, finding patience is an even more difficult task than complying with sustainably effective measures.

The currently dominant forms of life and production have been critically questioned in recent years. To this end, the international community agreed in 1991 on a completely new paradigm in the form of sustainable development. It can be stated that there is a global acceptance of the sustainability paradigm today. It is important that we consistently use the opportunity to bring together ecology, economy, and social challenges, taking into account the global carrying capacity or the ecological guard rails.

Another constitutive element of the sustainability paradigm is equity. If we analyze the national sustainability strategies of the industrialized countries, there is still great potential for further implementation and acceleration of the transformation process. The potential is even greater in most countries of the global South. The industrialized countries have – to some extent - committed themselves to supporting the developing countries in their efforts.

The demand for a sustainable economy with effects beyond the day is to be understood as a turning point toward a rational survival model. A consistent regional and planetary application can also contribute to overcoming the pure pursuit of profit. Whether this target is facilitated and supported by the advancement of digitalization and artificial intelligence (AI) is a question that needs to be seriously explored. More specifically, is AI a replacement model for biotic regulation? This also depends on how the 2030 Agenda, with its 17 SDGs, is interpreted. So far, the 17 SDGs often stand side by side in national sustainability strategies. Instead, sustainability areas should be defined where goals are combined. Both digitization and artificial intelligence (AI) could make an important contribution here.

References

- 1 Philosophisches Wörterbuch, Alfred Kröner Verlag, 1957
- 2 Gorshkov, V, Gorshkov V., Makarieva M. (2000) Biotic Regulation of the Environment, Key Issue of Global Change, Springer, Chichester, UK
- 3 Yuval Harari (2011) Penguin Random House Publisher
- 4 Hanns von Carlowitz (1713) Natural Instructions on Wild Tree Breeding Sylvicultura Oeconomica, Johann Friedrich Braun Verlag

Discussion

Hermann Auernhammer remarks: For me (and certainly also for my colleague Wolfgang Haber), the concept of sustainability defined in Rio 1998 with economy, ecology and social issues remains open or incomplete.

Response from Peter Wilderer: This comment allows me to refer to the page, preceding the table of contents. It shows the covers of the books that were produced under the auspices of the European Academy of Sciences and Arts.

The first of these workshop series was held in 2003 on the premises of the Banz Monastery. The event was entitled "Global Sustainability - The Impact of Local Cultures". The workshop was introduced with a message of greeting from the former President of the Club of Rome, Prince El Hassan bin Talal, now King of Jordan. Regarding our current topic, I would like to pick out of his message two sentences: "*As Moderator of the World Conference on Religion for Peace I call for a global code of conduct while promoting solemn respect for the various faiths and their interaction*" and further: "*In the Club of Rome we added in addition to social, ecological and economic culture as the fourth pillar sustainability. Human values and global sustainability mean that an alternative must be found to the imagined and feared hegemonic and homogenetic processes*".

I also want to mention that Wolfgang Haber contributed his broad knowledge of the importance of natural ecosystems to the workshop on "Global Stability through Decentralization". His thoughts and recommendations are further discussed in the volume presented here.

Trees can do more than just store CO₂

Recension of an article published in Nature Water (2023) by Peter Wilderer

In the October issue of Nature Water (pages 820 - 823), an essay was published written by Erica Gies¹. It is entitled "More Than Carbon Sticks". This essay can be seen as a mirror of the contributions collected in this collective work.

Right at the beginning of her essay, the author emphasizes the importance of the mutual exchange of knowledge across disciplinary boundaries in order not only to understand highly complex processes better but also to translate them into sustainable practical action. The rapid pace of climate change is a classic example of the result of highly complex interrelationships. Classic silo thinking may help to enhance the reputation of scientists and eventually lead to political decisions. However, Erica Gies uses a large number of examples to show that this does not exclude the possibility of wrong decisions. The overestimation of the importance of CO₂ as a cause of climate change is just one example among many.

Bringing together the expertise of scientists from fields such as mathematics, physics, chemistry, biology, ecology, medicine, hydrology, and the social sciences offers the opportunity to respond effectively to the challenges of our time. There are numerous developments for this, which were and are initially opposed by the supposed claim to the sole representation of classical disciplines, eventually followed by inhibition, and finally by acceptance.

As an example of this, the author describes the initial underestimation of water in its importance as a contribution to mitigating the effects of climate change. In this context, the forest, or more precisely the forest ecosystems, gains prominent importance. The author indirectly points out the self-regulatory processes that begin in the root zone and do not end at the leaf surface.

Numerous research teams have recognized that the evaporation of tree leaves has a direct impact on atmospheric water content, as well as on atmospheric water transport and the terrestrial water cycle. The work carried out by Anastassia Makarieva and her international team of experts over decades is described in detail.

At the very beginning of the author's remarks, Anastassia is quoted as saying, "*The climate problem is not just about carbon. It is mainly about water transport, which is strongly influenced by vegetation cover. This plays a big role in weather changes and weather extremes.*" She continues, "*Planting a million trees is wrong and misleading. Rather, the goal should be to maintain and, if necessary, restore*

¹ Erica Gies is a freelance journalist and author from Victoria, Canada, whose work has been reprinted in numerous prestigious science journals

ecosystem functioning. Just as mature trees with intact soil store greater amounts of carbon than young tree plantations, mature forests untouched by humans are highly effective at regulating water and climate."

The evaporation initiated by capillary forces and photosynthesis and the subsequent emission of water into the atmosphere are process chains that in principle also take place in grasses and arable plants. The only difference is that the area of a tree's leaves per square meter is much larger than the area of the blades of grass in a meadow.

The author points out that it is necessary to derive measures for regulation from knowledge of local conditions. This includes knowledge of the cultural and historical background of the particular region. In this context, Dettinger, a hydro climatologist, says, *"I believe strongly in what we can do in our own local and regional environments, but I get nervous when people extrapolate local to regional successes to the whole world."*

Dynamic possibilities of human self-regulation

The human organism can dynamically adapt to the particular environment in which it lives. It can thus regulate its internal, biological milieu into equilibrium. This process is called homeostasis (1). There are functional limits for the body systems, which can be exceeded in the short term. Limits exist both physically, such as for blood pressure, fluid balance, body temperature, heart rate, respiratory rhythms, etc., and biochemically for blood sugar, electrolytes, blood gases, etc. Temporary imbalances occur, for example, during stresses such as growth or healing phases. Longer-term shifts require special coping capabilities. In the case of permanently high demands (distress), the target values of individual systems can shift and, if necessary, promote illnesses. Concerning the ability of human organisms to adapt, regulate or resist, we speak of resilience.

Prof. Dr. med. Helmut Milz

Medicine / Health Promotion

Marquartstein, Germany

Many factors play a role in the ability of a specific organism to cope. These include genetic constitution, personal life history, social environment, age, and geographic and climatic conditions of the environment. Taken together, they determine the extent to which an organism can acclimatize, adapt and tolerate stress. With greater vulnerability, the limits of adaptive capacity are diminished.

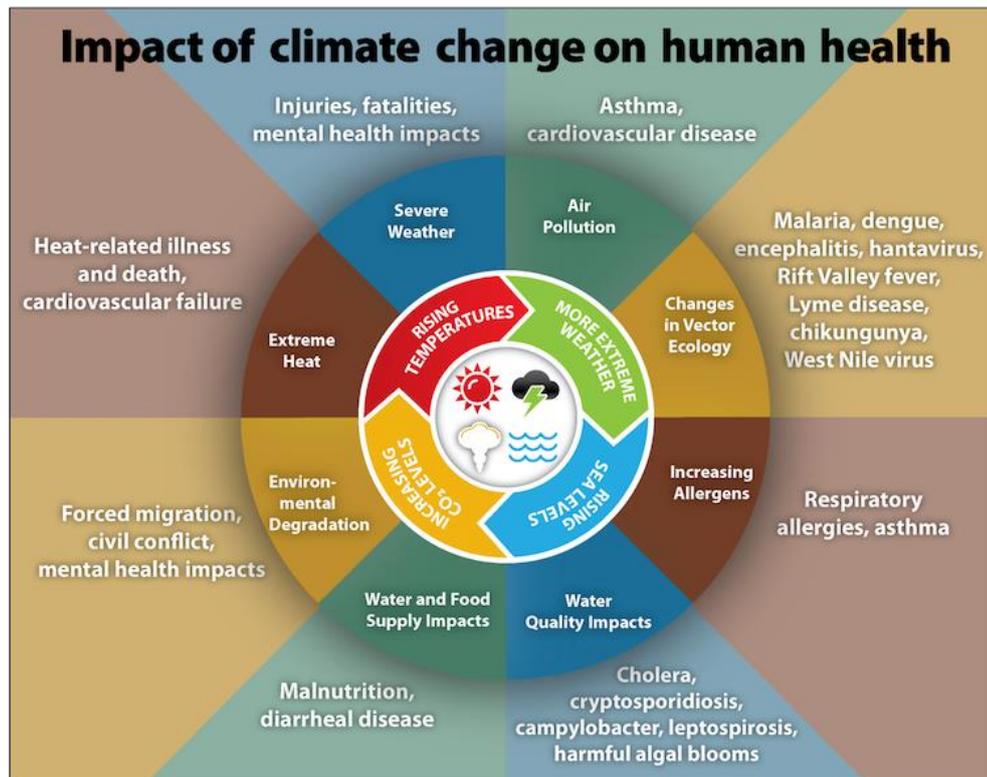
The range of human adaptive options includes individual or social and political protective measures, behavioral changes, and preventive services. These possibilities, however, may be countered by rejecting or denying attitudes and attitudes characterized by rationalizations, negations, or avoidance behaviors toward shared responsibility for well-being.

Biological self-regulatory capabilities cannot be separated from psychological, mental, or even spiritual dynamics. These domains interpenetrate and intermingle in many ways. Humans are endowed with personal and collective memory and knowledge. As a result, they can also learn much about the complexities and threats of current climate change. They are emotionally gripped in different ways and anticipate different threat scenarios.

Beyond that, political, social or even geographic power relations can significantly reduce or even prevent the respective individual adaptation options. In times of global climate change, however, some considerable local pressures, which are caused by transboundary influences, cannot be changed individually or locally alone; this can then only be done on a larger scale.

Climate change and health hazards

For years, there have been many differentiated findings on the extent of potential health hazards due to climate change. These are also increasingly published in the media. The diagram below (2) shows the main dimensions of health threats from climate change: CO₂ increase, rising average temperatures, increased extreme weather events and rising sea levels. These lead to increasing stresses on the basic elements of all organic life: the earth, the air, the water and the heat. When these basic elements experience extreme long-term stresses or deficiencies, they promote a wide range of diseases that are exacerbated by nutritional deficiencies, fluid deficiencies, and pollutants in the air and soil.



Some populations, such as the elderly, pregnant women, young children, chronically ill people, malnourished populations, or those living in poor housing and living conditions, are disproportionately at risk.

Opportunities for expanded self-regulation to overcome climate change impacts.

From the plethora of possible aspects of action to better regulate these hazards, just a few, less prominent examples are highlighted:

1) In the wake of technologically-based notions of feasibility, many people believe that they can exist beyond the natural rhythms of time that are everywhere. However, modern research on chronobiology (3,4) shows that all organisms, including us humans, move, from molecules to consciousness, within relatively tightly defined, rhythmic, changing time structures, such as day/night, activity/rest, seasons, diurnal fluctuations, minute or second oscillations, and so on. However, these rhythms of the natural, "biological clocks" are permanently ignored and exceeded by mechanization, computerization, artificial lighting, constant air conditioning, 24/7 clocks of economy², trade, traffic or consumption, etc. This

² Permant availability 24 hours per day, 7 days per week)

causes significantly increasing sleep disorders, exhaustion, lack of concentration, accident risks, etc. Better reintegration of global and local lifestyles into natural rhythms could mitigate these problems and permanently strengthen the overall resilience capacity of the human organism.

2) In addition to adequate water, heat and air, human metabolism and nutrition are fundamental to life. However, this does not only concern the sufficient coverage of the daily calorie requirement, with as few pollutants or excluded toxicity as possible. As modern research on the microbiome shows, the composition and metabolism of food in the context of symbiotic microorganisms in the human intestinal flora are also crucial to health (5,6). In this context, there are clear links between the increasing soil changes caused by extensive agriculture or overfertilization (7), the declining CO₂-binding capacity of arable land (8), and the increasing tendencies toward the spread of metabolic diseases (e.g., diabetes 2) or chronic inflammation. In this context, excessive amounts of animal foods as well as "Ultra-processed Foods (UPF)" play a negative role (9). This could be positively counteracted by more careful cultivation methods and the consumption of more plant-based foods. Corresponding scientific recommendations are available (10).

3) One-sided negative reporting on the potential dangers of climate change on human health (in addition to the many reports on the political crises) promotes considerable emotional stress, especially among younger people (11,12). In the psychotherapeutic-psychosomatic literature, these are summarized, somewhat fuzzily, under the term: "climate emotions" (13). A challenge for general media coverage, especially in counseling-therapeutic work with vulnerable groups and individuals, is to help find a tolerable level of information and facilitate positive engagement that counteracts both denial of the issues and frightening overload. This can reduce unnecessary fear, sadness or dejection as well as growing tendencies to retreat from the climate problem. Necessary changes need a positively contagious, rather optimistic attitude, but no climate defeatism.

4) Constructive contributions to improving the internal company or family climate discussion and action on issues such as sustainability, energy balance, food supply, transportation, necessary/excessive ecological footprint, healthier and healing urban and landscape planning (14), etc. are other aspects of possible (inter)human self-regulation.

Recommended Websites:

Deutsche Allianz Klima und Gesundheit (KLUG) <https://www.klimawandel-gesundheit.de/>

Robert-Koch-Institut, Klimawandel und Gesundheit:

https://www.rki.de/DE/Content/GesundAZ/K/Klimawandel_Gesundheit/Klimawandel_Gesundheit_node.html

Center For Planetary Health Policy: <https://cphp-berlin.de/DE/>

The Lancet Countdown on health and climate change: <https://www.thelancet.com/countdown-health-climate>

References

1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559138/>
2. <https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm>
3. <https://www.sg.tum.de/chronobiology/startseite/>
4. <https://magazine.hms.harvard.edu/articles/health-disease-and-chronobiology>
5. <https://www.med.lmu.de/aktuell/2021/mikrobiom/index.html>
6. <https://www.nature.com/collections/pbcbgmkdtl#editorial>
7. <https://www.newyorker.com/magazine/2023/03/06/phosphorus-saved-our-way-of-life-and-now-threatens-to-end-it>

8. <https://www.theguardian.com/environment/2023/jul/04/improving-farming-soil-carbon-store-global-heating-target>
9. <https://www.theguardian.com/food/2023/sep/06/ultra-processed-foods-the-19-things-everyone-needs-to-know>
10. <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2818%2930206-7>
11. <https://www.sinus-institut.de/media-center/studien/barmer-jugendstudie-2021>
12. <https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/climate-anxiety-in-children-and-young-people-and-their-beliefs-ab> (2021)
13. <https://www.newyorker.com/news/annals-of-a-warming-planet/what-to-do-with-climate-emotions>
14. <https://static1.squarespace.com/static/5e8d84f94c43ec3e0646ff95/t/63b29b9b4784523e897c37e6/1672649629462/HEILSAME+ARCHITEKTUR+%E2%80%93+Flaneurin+23.10.2020.pdf>

Guiding Principles of Anthropogenic System Regulation

Autopoiesis³ and the Ethical Maxim of Retinity⁴

The natural philosophical basis of sustainability

The natural philosophical basis of the concept of sustainability is the paradigm shift from linear-causal-mechanical to systemic models of thought. These are based on biotic self-regulation in complex, adaptive and autopoietic systems. In terms of social theory, the concept of social cybernetics is derived from this, with the aim of better understanding and controlling the complex interactions between ecological and social systems. Without taking these interactions into account, ethical and political control models remain at the symptom level and are constantly surprised by the often-unexpected side effects of measures. According to this approach, the ethical principle of sustainability does not mean the sum of ecological, social and economic goals, but their systemic correlation. Otherwise, it would not be a normatively meaningful principle, but a maximalist fallacy that encompasses almost all conceivable goals and therefore does not define (that means literally: limit) anything. Sustainability without a better understanding of biotic and social self-regulation degenerates into a conceptless promise of general world improvement. Rather, what is ethically required is the learning of systemic thinking about the conception of nature and the eco-social management of society.

Dr. Markus Vogt

Professor of Christian Social Ethics

Ludwig-Maximilians University,
Munich

Environmental & Economic Ethics

Centesimus Annus Pro Pontifice
Prize

The discourse on sustainability is the political offshoot of a radical change in the view of nature that began long before in the natural sciences and is still far from complete. Without this background, it is impossible to understand the complex dispute about sustainability's ethical and conceptual foundations. A central starting point for this paradigm shift is the changed concepts of time, causality and matter in quantum physics and the theory of relativity. The focus of attention is shifting from individual objects to processes. The consequences of this for natural philosophy and creation theology as well as ethics and society were developed in the process philosophy suggested by Alfred North Whitehead. In the meantime, many developments in the natural and social sciences have been added, e.g. the theories of autopoietic systems, as suggested by Maturana and Varela, or bionics, which was founded by Jack Steele and Werner Nachtigall.

The term "autopoiesis" was coined by Maturana in 1972 to characterize the autonomy and circular self-organization of living systems conceptually. The term is intended to serve as a key to understanding all biological phenomena, insofar as life is not defined by individual characteristics, but fundamentally by the ability to generate, organize and regenerate itself. Autopoietic systems are operationally closed and metabolically open, i.e. closed in terms of information and open in terms of material and energetic flows. Autopoiesis is the most intensively received interdisciplinary variant of self-organization theories. Niklas Luhmann's approach, for example, is essentially influenced by Maturana and Varela, particularly about the focus on the difference between system and environment as energetically open but informationally closed. Luhmann recognizes three types of autopoiesis: that of life (biotic), that of

³ Autopoiesis is the process of self-creation and self-preservation of a system. It is a subset of the more generally valid ontological concept of emergent self-organization.

⁴ Retinity means systemic thinking and acting. It is based on the model of "sustainability" and aims for synergetic networking of the environmental, economic and social sectors.

cognition (cognitive) and that of the social (communicative). Luhmann's autopoietic turn has revolutionized sociology and has had a far-reaching influence on social ethics.

Eco-social bionics

Bionics is a new type of scientific research that does not view nature primarily as a warehouse for human products but as a stimulus for discovering new ways of thinking. It aims to track down the secrets of nature's success in the organization of life and imitate them "biomimetically". In three and a half billion years of evolutionary history, so many ingenious adaptations have evolved that nature has become an almost inexhaustible "treasure chest" of sometimes surprisingly simple and robust solutions to complex problems. From this, "disruptive innovations" can be derived, i.e. innovations that do not make well-known models of technology a little faster and more efficient, but rather strive for completely new, previously unimagined solutions. The aim is to develop radically new procedures, processes, materials and forms of organization beyond the well-trodden paths of familiar thought patterns. A well-known example of a biomimetic innovation is the Velcro fastener: just as Velcro works with small barbs, it can also be used to connect items of clothing and save the hassle of tying and untying. Bionics stands for a new generation of technology that does not grossly exploit and destroy nature, but instead pays sensitive attention to its fine fabric and uses it intelligently for process and structural improvements. It wants more than individual material technology solutions. Bionics aims at fundamentally new forms of the relationship between humans and nature: less resource-, waste- and energy-intensive, with fewer pollutants, more durable, compatible with generations.

In my concept of sustainability, I have expanded this approach in terms of social theory as "social bionics", for example with regard to the allocation of competition and cooperation. It was a great one-sidedness of the theory of evolution, whose political conclusions overshadowed the 20th century, that higher development in nature was understood solely as the result of random mutation and selection and that politics and economics should also be organized as a struggle for existence. In nature, however, there is not only competition but also cooperation, "syngensis" and a complex variety of mechanisms of higher development and order formation. Only those who cooperate win. Observing the differentiated balancing of competition and cooperation in nature more closely and learning from this for the design of social and economic processes is an important field of eco-social bionics today.

Retinity as ethical-political cybernetics

Cybernetics is the recognition, control and automatic regulation of interlinked, networked processes with minimal energy input. It dispenses with detailed pre-programming in favor of impulses for self-regulation and thus attempts to use existing energies as much as possible. Cybernetic models assume that there is no linear relationship between cause and effect in the majority of human activities and that the consequences of actions are therefore often delayed and occur in unexpected areas. Consequently, they pay particular attention to side effects in other areas, to threshold and limit values as well as oscillation and tipping effects, which are the real difficulty in controlling complex systems.

The cybernetic control of complex, non-linear systems in nature and society requires a political ethic that takes into account the variety of valuable side effects and thus the limits of predictability. It not only strives to maximize individual variables but also focuses on the networked overall structure. To this end, the German Advisory Council on the Environment (SRU) has developed the concept of retinity on the basis of Wilhelm Korff's and my socio-ethical research and described it as the key to environmental ethics. I would like to interpret retinity here against the background of biotic self-

regulation and its social-theoretical interpretation as a political-ethical cybernetic: as an art of control for risk-minimizing networking of social, economic and ecological development.

The concept of the network underlying the idea of retinity takes up a central metaphor of ecology: Organisms are interconnected in a network-like manner through nutritional relationships. Living systems are networks at all levels, which are interwoven at many levels. It follows that nature is not simply a passive storehouse of material for human purposes, but - for example according to Bruno Latour's actor-network theory - a systemically acting network of more or less self-dynamic elements. Against this background, Retinity views co-evolution and resilience as new patterns of progress. It apostrophizes sustainability as a cross-cutting issue and accordingly aims to facilitate co-evolutionary synergies between different areas. The guiding principle is not the maximization of certain indicators, but resilient and risk-averse robustness in multiple crises.

Operationalization of ethics through systemic thinking

The primary relevance of the various systems theories for social ethics does not lie in new approaches to justification, but in the fact that they can be helpful at the level of operationalizing ethics for complex action and organizational contexts.

- This avoids the problem of the naturalistic fallacy, which is crucial from an ethical perspective: it cannot be directly concluded from biotic self-regulations that these should also be normatively binding for anthropogenic systems. For example, nature does not recognize justice (if one disregards the controversial debate about the social structure of some higher mammals). From the point of view of bacteria, which are insensitive to radioactive radiation, nuclear war might be desirable. But that does not make it "good". The maxims of practical philosophy cannot be deduced from nature.
- Ethics requires a cultural definition of desirable goals and norms. The most important basis for this are human rights as well as the criteria of justice and the common good, which is to be understood today as the global common good that also includes future generations.
- This does not mean, however, that the principles of biotic self-regulation are ethically irrelevant. However, their status is not that of an alternative justification of ethics, but that of a suggestion for a conditional operationalization and implementation of ethics.
- They do not answer the question of why I should do something, but rather the question: How should I do it? How do I achieve my ethical goals? How can I achieve a sustainable transformation?

By the maxim of retinity, which is based on the guiding principle of sustainability, environmental ethics should not be conceived as a specific area of ethics, but as a comprehensive integration concept for the complex development problems of late modern society. The guiding principle is not the paradigm of nature as an absolute limit to growth, but rather the model of a dynamic stabilization of complex human-environment relationships.

References

Böschchen, Stephan/Binder, Claudia/Rathgeber, Andreas/Vogt, Markus (Hg.): Resilienz. Analysetool sozialer Transformationen?

GAIA 26 (Sonderheft 1/2017).

Frankenreiter, Ivo: Prozessontologische Transformationsethik. Versuch einer Epistemologie des Wandels in Natur, Umwelt und Gesellschaft, Marburg 2024.

Gebetshuber, Ille: Eine kurze Geschichte der Zukunft. Und wie wir sie weiterschreiben, Freiburg 2020.

Latour, Bruno: Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie, Frankfurt 2007.

Luhmann, Niklas: Die Gesellschaft der Gesellschaft (2 Bände), 2. Auflage Frankfurt 1999.

Luhmann, Niklas: Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen? 3. Aufl. Opladen 1990.

Maturana, H./Varela, F.: Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens, 3. Aufl. München 1991.

SRU [Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen]: Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung, Stuttgart 1994.

Vogt, Markus: Christian Environmental Ethics. Foundations and Central Challenges, Paderborn/Leiden/ Boston 2024.

Vogt, Markus: Prinzip Nachhaltigkeit. Ein Entwurf aus theologisch-ethischer Perspektive, München 2009 [3. Aufl. München 2013; russisch 2015: Принцип устойчивости].

Vogt, Markus: Sozialdarwinismus, in: Staatslexikon Bd. V, 8. Auflage Freiburg 2021, 199-201.

Digital modeling of the self-regulation of complex dynamic systems: What can we learn from this?

Introduction

For many decades I have been working on the (mathematical) foundations of complex dynamical systems, which are used as models for self-organization in nature and society. Computer simulation and AI open up new possibilities for simulation and prediction for early warning systems of critical and chaotic developments. This paper is a plea for technology design: modeling self-regulation must prove itself as a service for resilience and sustainability in nature and society. This is particularly evident in the example of a sustainable circular economy.

Dr. Klaus Mainzer
Philosopher of Science
TUM Senior Excellence Faculty
Carl Friedrich-von-Weizsäcker
University Tübingen
President of EASA

Complex dynamics of the Earth system

The Earth system is an example of a complex dynamic system with mechanisms of self-regulation. Complex systems consist of many elements whose interactions generate collective orders and patterns, but also chaos and turbulence. The laws of these dynamic processes are studied by complexity research - from complex atomic, molecular, and cellular systems in nature to complex social and economic systems in society (Mainzer 2007). Complexity research deals across disciplines with the question of how the interaction of many elements of a complex system (e.g., molecules in materials, cells in organisms, or people in markets and organizations) can give rise to order and structure, but also to chaos and breakdown. One then speaks of "emergent" properties of complex systems that cannot be attributed to the behavior of the individual system elements. Complexity research aims at identifying

such emergent properties in complex systems. To this end, new basic concepts, measurement methods, models, and algorithms are introduced. Thus, collective orders can be characterized by order parameters. Orders, like chaos and decay, arise in critical states that depend sensitively on the control parameters of a system or organize themselves. These excellent states are often also called attractors because the dynamic developments of a system are quasi-drawn into the water vortex of a cast. Complex patterns of time series and other criteria are used to identify critical situations from process data in advance and to take precautions in time. Computer models play a crucial role in this process. The dynamic processes of complex systems 2 in nature and society can be analyzed in simulation models made possible by the increased computing capacities of computers. Organs such as the heart and brain are self-regulating complex systems of cells. Populations are equally complex systems of organisms. Ecological systems consist of populations and many other climatic and environmental conditions. During evolution, a complex system of equilibria has developed between the environment, and animal and plant populations. Local disturbances (e.g., extinction of animal and plant species) can be resiliently managed or can build up to global changes (e.g., disruption of the food chain) in the sense of the butterfly effect.

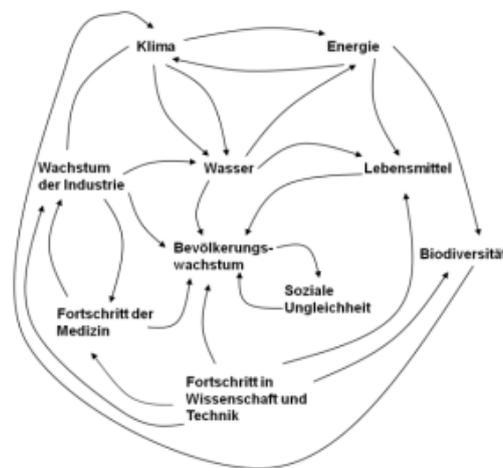


Fig.1 Complex feedbacks of the Earth system.

Ecological systems are part of the whole Earth system, in which climate and natural resources are linked to human civilization (Fig. 1). Growing Earth population and adaptation of lifestyles even in emerging and developing countries lead to ever-increasing overexploitation of resources and pollution of water, soil and atmosphere. In this complex system of feedback loops, extreme local disturbances (e.g., earthquakes, tsunamis, nuclear disasters) trigger a cascading propagation of effects that shake the entire system (Fig. 2). We therefore need early warning systems for crises and disasters in the complex Earth system. Nature, environment, and life cannot be totally calculated and controlled due to their complexity. However, we can analyze and understand their system laws to enable the self-organization of sustainable developments.

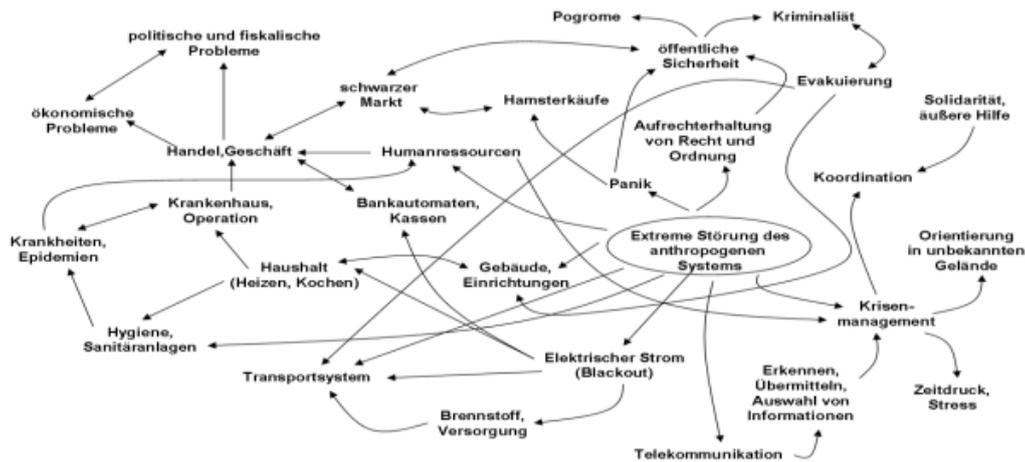


Fig. 2: Extreme local disturbances trigger global crises in complex systems.

Chaos and complexity in economy and society

People today operate in complex organizations and societies. What do we know about their dynamics? How is action and decision-making possible in such complex systems? People behave in groups and thereby generate typical behavior patterns, build up social orders, or let the whole system become unstable and crash into chaos.

The social behavior of humans shows remarkable analogies with models of nature (e.g. swarm intelligence), but they are completely different in other respects. For example, stock market data are already measurements of subjective beliefs, opinions, and hopes that influence economic dynamics, i.e., something changes measurably because we desire, believe, hope, or fear it. Characteristic feedback occurs between agents, their intentions, and models of social reality.

Markets and firms are examples of complex economic systems in which people interact in many economic functions. In the tradition of classical liberalism and analogous to classical physics of the 18th and 19th centuries, a linear equilibrium dynamic was often assumed, according to which the free self-organization of economic forces automatically leads to the "prosperity of nations". In the age of globalization, financial and economic markets are in fact based on non-equilibrium dynamics, whose phase transitions are associated with turbulence and chaos, but also with new bursts of innovation. Attractors of complex dynamics again correspond to order parameters and power laws between randomness and rigid regularity. Complexity research can thus identify signals to prepare in time for economic upheavals and opportunities.

From complex systems to artificial intelligence

Artificial intelligence (AI) has long dominated our lives without many being aware of it. Smartphones that talk to us, wristwatches that record our health data, work processes that organize themselves automatically, cars, airplanes, and drones that control themselves, traffic and energy systems with autonomous logistics, or robots that explore distant planets are technical examples of a networked world of intelligent systems. They show us how our everyday life is determined by AI functions. In 1950, Turing defined a system as intelligent in the test named after him if it is indistinguishable from a human in its responses and reactions (Turing 1950). The disadvantage of this definition is that humans are made the standard. Indeed, biological organisms are also examples of "intelligent" systems that, like humans, evolved more or less by chance and can solve problems efficiently more or less on their own. The current hype of Artificial Intelligence is made possible by the increased computational capacity of computers that Machine Learning can realize. In Machine learning, neural networks modeled on the self-organization in the human brain play a dominant role. The breakthrough of AI research in practice

is largely related to the ability of neural networks to apply large amounts of data (Big Data), e.g., in pattern recognition, autonomous driving, robotics, and Industry 4.0 with effective learning algorithms. Although technical civilization increasingly depends on these AI algorithms, they are associated with significant security risks. Therefore, verification methods are needed to calculate and guarantee the security standards of neural networks (Mainzer 2020). They are a necessary condition for issues of security, ethics, and responsibility.

Chaos and complexity in communication and supply systems.

A central requirement for sustainable economic activity is the transformation into a circular economy in which all production and consumption goods are returned to the goods cycle in an energy- and environmentally-friendly way. In this context, a sustainable solution to the energy problem becomes a prerequisite for digitalization and artificial intelligence, which require enormous energy consumption. In this respect, a sustainable circular economy must first secure the energy consumption of digitization. Conversely, however, a sustainable circular economy can only be effectively realized through IT and AI because of the complexity of their interactions. In summary, then: digitization through sustainable circular economy and sustainable circular economy through digitization!

What do we learn from the dynamics of complex systems?

In summary, we note that the theory of complex dynamic systems studies self-regulation in nonlinear processes of nature and society. Examples are the challenges of globalization, environment and climate, life sciences and information overload. Changes, crises, chaos, innovation and growth spurts are modeled by phase transitions in critical states. The goal is to provide explanations and forecasts of these processes, as well as early warning systems for extreme disruptions. Self-organization is indeed necessary to cope with the increasing complexity of this development. However, it can also lead to uncontrollable momentum and chaos. Complex dynamic systems therefore require monitoring and controlling. Nature has shown us this in the evolution of organisms. This also applies to technical, social and economic systems. The goal is sustainable infrastructures as a service for us humans, which help to cope with an increasingly complex world and make it more livable. For this, we will need responsible AI.

References

- K. Mainzer, Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind, Springer: New York 5th extended edition 2007
- K. Mainzer, Artificial Intelligence. When do Machines take over, Springer: Berlin 2nd edition 2019

Systemic Risks and Polycrisis: The need for an integrative approach

In recent years, German society has been exposed to several serious crises. Risk researchers call them polycrisis (Homer-Dixon et al. 2024; Homer-Dixon and Rockström 2022). First came Corona, then came the further manifestations of climate change, for example floods, draughts and forest fires, the war in Ukraine, food crises in the world, inflation, galloping energy prices, and there are more every day. The hallmark of polycrisis is the mutual amplification of nested, interconnected risks. For example, supply chains were disrupted as a result of the policy measures to combat Corona pandemic. In addition, so-called domino effects occur when, for example, the Ukraine war triggers bottlenecks in grain supplies. Russia's invasion of Ukraine plunged the global economy from incipient recovery into inflation and threatens to trigger a war between the world's two major nuclear powers. Now the effects of war, pandemic, and extreme weather conditions in India, China, Africa, and Europe are compounding each other, leading to food supply shortages and increased hunger across the planet (Trabucco 2022).

Every crisis - whether political, epidemiological, military, economic or environmental - forces society to redefine and reshape its everyday understanding of what is normal and what can be expected shortly. One moment, a pandemic is shaking the foundations of society; the next, the continued existence of liberal democracies is seriously in question; and then politicians and the media are talking about the possibility of nuclear war. This juxtaposition of crises shows that we are dealing with a complex web of superficially different but in reality, deeply interwoven crises (Lawrence et al. 2022). And it is precisely because these crises are so causally and functionally interwoven that they cause damage worldwide that is far greater than the sum of their damages.

Essential characteristics of today's polycrisis are (WPKS 2023):

- multiple parallel crises that influence and reinforce each other. The climate crisis is only one among many, but a particularly powerful one,
- the absence of dominant solutions that score better on all criteria than alternative courses of action,
 - the need for a comprehensive systemic understanding of the interactions between social, natural, technological and cultural domains,
 - the need to clearly identify conflicting goals and to make appropriate and ethically defensible trade-offs that have a high degree of resilience, especially against existing and future crises,
- refraining from one-dimensional optimizations, because they are usually associated with disproportionate losses on other, (equally important) criteria,
- need for unvarnished communication that addresses the conflicting goals,
- need to involve stakeholders and affected populations in weighing conflicting goals and to search for common solutions without wasting precious time.

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Ortwin Renn
Research Institute for Sustainability
Helmholtz Center Potsdam (retired)
Risk Governance, Technology
Assessment, Public Participation
Member of Leopoldina, Acatech and
EASA

The analytic tool to understand polycrisis: the systemic risk concept.

If we take a closer look at the global ecological, economic and socio-cultural transformation phenomena that we characterized above by introducing the term polycrisis, we discover a number of interlinked and mutually influencing risks that are not given sufficient attention and that the relevant actors such as governments, business enterprises or civil society groups around the world still have great problems to govern and limit to an acceptable level.

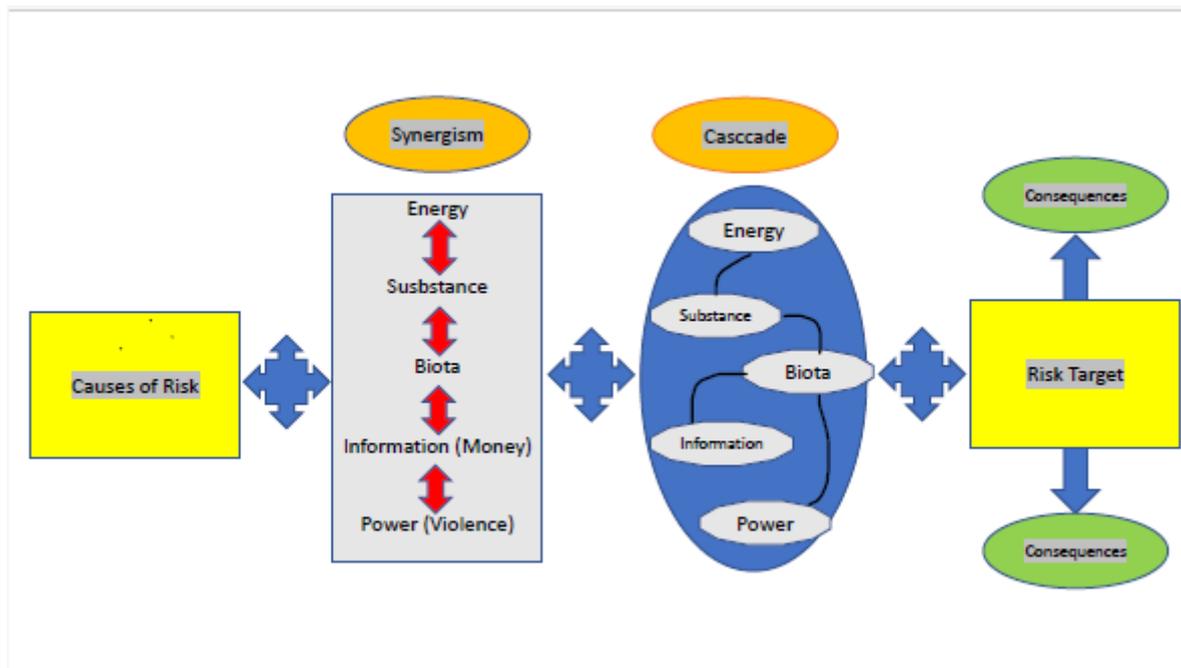
These insidious risks that threaten people's welfare can be evidenced by the term systemic risks (Renn et al. 2021; Renn 2020). The cause-and-effect models that have been common up to now are less and less effective in a world that is characterized by systemic interactions between allegedly independent risk sources. This applies to the world as a whole, but equally to its numerous subsystems. For this reason, everyday phenomena in nature, technology and society can only be understood if they are viewed as dynamic processes in complex systems. Instead of the linear multiplication of individual data sets, systemic interrelationships are increasingly moving to the center of analysis. This applies in principle to all systems and processes, be they in nature, in technology, in medicine, in the economy or in society. To a particular extent, the systemic view is relevant for risk research, in which technical, natural, and socioeconomic processes interact with social processes of reaction and discourse.

Accordingly, these risks are referred to in the literature as "systemic risks" and include, but are not limited to, global warming and the associated accumulation of extreme events, zoonotic disease outbreaks, declining biodiversity, increasing economic inequality, financial system instability, ideological extremism, cyberattacks, increasing social and political unrest, and geopolitical imbalances (Schweizer 2021). Most of these systemic risks have become more severe, disruptive, and dangerous than in previous decades. Risk research has referred to this as risk amplification. (Kasperson et al. 1988) And in most cases, the likelihood and magnitude of these risks are also increasing more rapidly now than in the past.

The interplay of risk agents: a further level of abstraction

The need for mapping the interdependencies between systemic risks in multiple global contexts may easily lead to the usual spaghetti diagrams that try to illustrate complex causal connections but may miss some crucial connections that have a dominant influence when studied in more detail, overemphasize others that show only weak ties in the real world or propose causal connections that are all plausible but, in the end, connect everything with everything. To be more focused on the nature of such interconnections and to be analytically precise, it may be helpful to identify the key agents that have the potential to cause harm and concentrate on how they interact with each other.

Within the framework of systemic risks, such an approach of isolating key risk agents has been proposed and explored in several publications (Renn et al. 2022, SAPEA 2022, Renn 2020, Schweizer et al. 2021). The main idea is that whatever the cause of risk may be, its potentially destructive force will manifest itself in three physical and two social agents (carriers or media). The physical agents are: energy (in all its forms), substance (in particular toxic substances to humans or pollutants to ecosystems) and biota (viruses, bacteria, fungi, etc.)- The two social agents are: Information (including money) and power (including violence). The sequence of a polycrisis can in principle be modeled in a simple causal diagram starting with the risk triggers and ending with the consequences in different physical and social domains (see figure):



Caused by some kind of trigger (events such as earthquakes or floods and activities such as polluting or warfare) one or more of these agents are released. An earthquake would release kinetic energy, a technical accident in a chemical factory with toxic material or the tight coupling of animals and humans could lead to the emergence of a new pandemic. New rumors (information) about a company's performance may alter its value and impact the distribution of wealth or the power of an autocratic system may use violent means to conquer an independent country. These one-dimensional encounters between a risk agent and a risk target (or risk absorbing system as it is called in the IRGC publications, 2018, 2019) constitute familiar cases for traditional risk assessments that link the probability that these agents are released with the degree of extent of consequences that these agents cause among the exposed targets). In a polycrisis situation, all these agents interact and amplify or attenuate each other.

There are two potential pathways of interaction (Lawrence et al. 2022). The first pathway is the *risk cascade*: The earthquake may lead to the explosion of the chemical factory, which releases toxic substances, that are not or wrongly communicated to the exposed public with the consequence that the responsible communicators may lose their power and, in the chaos to follow, new hazards are released that, for example, aggravate climate change with its own consequences. The five agents are all interacting in a sequential way, often with several parallel sequences that again interact with each other.

The second pathway refers to *risk synergism*: Related or unrelated triggers release simultaneously several of these agents which influence each other immediately and aggravate the potential loss. For example, the risk of climate change and the risk of losing credibility in the light of the Russian invasion of Ukraine may cause a simultaneous release of substances that lead to higher global temperatures (for example CO₂ emitted by using liquid natural gas for heating houses) and a desperate communication strategy to explain the obvious contradiction of buying climate-sensitive liquid gas from autocratic countries outside of Russia and sustaining a policy of strict climate protection. This likely-to-fail communication strategy may trigger a loss of credibility in government, a shift in power in the public discourse and a new trend towards populist movements.

Both, risk synergisms and cascades overlap and form specific patterns of interactions that can be identified, sometimes formalized in mathematical models and, if that is not possible, to be transferred into coherent narratives of a polycrisis cycle. The limited number of agents facilitates the comparison of different cycles or even cycle types and provides a powerful toolbox for developing a more abstract and generic taxonomy of polycrisis. At this point, these conceptual ideas have not been further tested

or applied to empirical case studies. However, the approach provides some promising potential to improve our understanding of polycrisis and also our ability and capacity to govern polycrisis more effectively.

References

- Homer-Dixon, Thomas and Johan Rockström, Johan (2022): What Happens When a Cascade of Crises Collide?' *The New York Times*, November 13.
- Lawrence, Michael; Homer-Dixon, Thomas; Janzwood, Scott; Rockstöm, Johan; Renn, Ortwin & Donges, Jonathan F. (2024): Global Polycrisis: The Causal Mechanisms of Crisis Entanglement. *Global Sustainability*, 2024:1-36. doi:10.1017/sus.2024.1
- IRGC - International Risk Governance Center (2018): *IRGC Guidelines for the Governance of Systemic Risks*. Lausanne: EPFL: International Risk Governance Center
- IRGC- International Risk Governance Council (2019): *Introduction to the IRGC Risk Governance Framework. Revised Edition*. Lausanne, EPFL International Risk Governance Center
- Kasperson, Roger E.; Renn, Ortwin; Slovic, Paul; Brown, Halina. S.; Emel, Jody; Goble, Robert; Kasperson, Jeanne X. and Ratick, Samuel (1988): The Social Amplification of Risk. A Conceptual Framework, *Risk Analysis*, 8 (2): 177-187
- Lawrence, Michael; Janzwood, Scott and Homer-Dixon, Thomas (2022): *What Is a Global Polycrisis? And How Is It Different from a Systemic Risk?* Discussion Paper 2022-4. Version 2.0. Cascade Institute.
- Renn, Ortwin (2021): New challenges for risk analysts: systemic risks. *Journal of Risk Research*, 2, <https://doi.org/10.1080/13669877.2020.1779787>
- Renn, Ortwin.; Laubichler, Manfred; Lucas, Klaus; Schanze, Joachim; Scholz, Roland und Schweizer, Pia-Johanna: Systemic Risks from Different Perspectives. *Risk Analysis*, 42 (9): 1902-1920
- Renn, Ortwin, Klaus Lucas, Armin Haas, and Carlo Jaeger (2019): 'Things Are Different Today: The Challenge of Global Systemic Risks'. *Journal of Risk Research* 22 (4):401–15. doi: 10.1080/13669877.2017.1409252.
- SAPEA - Science Advice for Policy by European Academies (2022): *Strategic crisis management in the European Union*. Berlin: SAPEA, <https://doi.org/10.26356/crisismanagement>
- Schweizer, Pia-Johanna (2021): Systemic Risks – Concepts and Challenges for Risk Governance. *Journal of Risk Research* 24 (1):78–93. doi: 10.1080/13669877.2019.1687574.
- Schweizer, Pia-Johanna.; Goble, Robert and Renn, Ortwin (2021): Social perception of systemic risks. *Risk Analysis*, 3, <https://doi.org/10.1111/risa.13831>
- Trabucco, D. (2022): The European Union Beyond the Polycrisis? Integration and Politicization in an Age of Shifting Cleavages. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, 283-284, <file:///Users/ortwinrenn/Downloads/12922-Article%20Text-40022-1-10-20220518.pdf>
- WPKS-Wissenschaftsplattform Klimaschutz (2023): Resilienz und Klimaschutz: Herausforderungen für Wissenschaft und Politik. Hintergrundpapier der Wissenschaftsplattform Klimaschutz. WPKS: Berlin, https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Hintergrundpapier_Resilienz_Klimaschutz.pdf

Diversity of Thought for Self-Regulation

In societies around the world, people consciously or unconsciously intervene with the planet and the environment, altering its natural systems and ability to self-regulate. Today's rapid climate change is one of the results of human interventions. Given the geographic, climatic, cultural, and social complexities across the world, innovative approaches to sustain life on Earth will have to mirror the multitude of dimensions of the Earth system. Innovation requires diversity of thought to enable self-regulation.

Dr. phil. Mirka Wilderer
CEO & President of
Aqueous Vets, USA
Business/leadership/water
Member of YPO, GenCEO, IWF

While climate change has been broadly acknowledged, many of the current efforts to reverse the trends have been driven by one-dimensional efforts within the established siloes of each sector, yet have fallen short of expectations to realize sustainable improvements. This is not by the least surprising to me: as we continue to ask the same type of people the same type of questions, we naturally get the same type of answers and solutions. To disrupt our current thinking and realize breakthrough innovation toward climate protection, we need to address both parts of this equation and empower people with non-traditional backgrounds, unusual experiences, and alternative perspectives to ask new questions. With the new business-as-unusual environment being dynamic, unexpected, and ever-evolving, we need to look for inspiration in unconventional places. And it has been proven that innovation is born through diversity-rich organizations. This requires active listening, the willingness to engage in courageous conversations, bold experimentation with unfamiliar ideas, and an unlimited curiosity to rethink future approaches.

What are the benefits of diversity?

In recent years Diversity, Equity, and Inclusion (DEI) programs have become en vogue and part of the expected focus of all organizations. During dates such as International Women's D, it is heartwarming to see the flurry of posts and celebrations. By the same token, it is then dispiriting to observe how quickly so many of these public statements are replaced in the feeds by the next flavor of the day leaving the unsettling feeling of representing lip service only. To me, this misses the point of DEI: Instead of a branding opportunity, DEI is a critical prerequisite to establishing a mindset of resilience, adaptability, and continuous innovation.

In light of this misrepresentation, I wonder how we move DEI beyond being viewed as an opportunity for promotional and reputational activities to leverage the true benefits and business case for companies and organizations. What are the economic benefits of diversity? Below is a summary of the facts and findings suggested by ChatGPT:

- **Broader talent pool:** By actively seeking out diverse candidates for open roles, organizations can tap into a larger and more varied pool of talent, gaining access to talented and bright minds.
- **Increased empathy:** When people work with others who are different from each other, they are forced to consider alternative viewpoints and experiences, which can lead to increased empathy and understanding. This, in turn, can lead to more innovative solutions that take into account a broader range of needs and perspectives.
- **Increased cultural awareness and understanding:** When people interact with others from different cultural backgrounds, they gain a greater understanding and appreciation of different perspectives.
- **Broader range of experiences & knowledge:** When people with different backgrounds and experiences collaborate, they can draw on a broader range of expertise and knowledge, which can lead to more comprehensive and effective solutions.

- **More creativity:** When people work with others who are different from them, they are exposed to new ideas and suggestions that can inspire them to be more creative in their thinking and approaches.
- **Increased problem-solving ability:** People with different backgrounds and experiences can approach problems in unique ways, leading to more effective and efficient problem-solving. Their collaboration can spark new approaches to solving challenges that might not have been considered otherwise.
- **Better decision-making:** When a diverse group of people is involved, they are more likely consider a wider range of options and perspectives, leading to better decision-making.
- **Increased innovation:** When people from unique backgrounds and experiences come together, they bring a variety of perspectives and ways of thinking to the table, which can inspire new ideas and innovative solutions to complex challenges.
- **Better communication and collaboration:** Diverse teams can bring a range of communication styles and approaches, which can lead to more effective collaboration and teamwork.
- **Enhanced engagement:** When team members feel valued and included, they are more likely to be engaged and committed to their work. This can lead to improved productivity and job satisfaction, which can benefit the organization as a whole. A diverse workplace can create a sense of belonging and inclusivity, leading to higher employee satisfaction and engagement. It takes into account the unique needs and concerns of different groups.

Overall, the business case for diversity is strong, with benefits that include broader talent pools, increased empathy and cultural awareness, improved creativity and innovation, better decision-making and problem-solving, better communication and collaboration, and enhanced engagement.

It seems that artificial intelligence is fully grasping the rich economic benefits of diversity, equity, and inclusion. How do we ensure human intelligence follows suit?

What is diversity?

When reflecting on diversity, it is important to consider the wide variety of perspectives required to drive change, from intergenerational, to gender, and intercultural as well as cross-functional diversity. This highlights the diverse aspects of diversity. In the context of organizations, diversity refers to the representation of different groups of people within the workforce. A diverse workforce includes individuals from different backgrounds, experiences, and perspectives, who bring unique strengths and talents to the organization. A commitment to diversity means valuing and respecting these differences and creating an inclusive environment that supports and leverages the unique gifts of all employees, regardless of their differences.

Many factors contribute to diversity in the workforce. These include:

- **Demographics:** Diversity can be created by recruiting and retaining employees from different demographic groups, such as race, ethnicity, gender, age, and socioeconomic status.
- **Education and Experience:** Diverse educational and professional backgrounds can bring unique perspectives and skills to the workplace.
- **Geographical Location:** Recruiting team members from different regions or countries can add diversity to the team, bringing different cultural and religious perspectives and experiences.
- **Personal Characteristics:** Diversity can be created by valuing and promoting diversity of thought, communication style, and problem-solving approach, regardless of demographic background.
- **Inclusivity:** Inclusive policies, practices, and culture help retain diversity, and create a sense of belonging for diverse employees in the workforce.

Diversity encompasses both visible and invisible differences and can be seen as a reflection of the complex and multifaceted nature of human experience. Overall, creating a diverse team requires a

commitment to valuing and promoting differences, actively seeking out and recruiting colleagues from diverse backgrounds, and providing a supportive and inclusive environment for all employees.

Diversity as practice

Lastly, leading disruptive innovation through diversity is also a leadership practice with the three elements of courage, curiosity, and calmness.

- 1) Curiosity refers to the active choice of overcoming our own assumptions and admitting that we do not have all the insights.
- 2) Leaning into different views and perspectives of others requires Courage to be comfortable with the uncomfortable.
- 3) Taking into consideration the emotional reactions of ourselves and others, we need to consciously choose to be Calm and Collected, especially when others do not immediately relate to our suggestions.

Overall, making diversity a practice involves being mindful of our own biases and assumptions, seeking out diverse perspectives and experiences, and actively managing our emotions as we choose to promote inclusivity and respect for all individuals. Innovation through diversity for enhanced self-regulation requires active listening, the willingness to engage in courageous conversations, bold experimentation with unfamiliar ideas, and an unlimited curiosity to rethink future approaches.

Call-to-Action

Recognized as one of the 20 most powerful women in water, I am finding myself increasingly “consciously biased” toward people from the most different walks of life. I realize I have a role to play in providing opportunity and fostering a world that celebrates diversity. I am a strong believer that the diverse landscape of geographic conditions, societal requirements, and human expectations needs to be reflected in the makeup of the solutions we offer to protect our Blue Planet.

The inspiring message by Michelle Obama in her book "The Light We Carry" resonates with me. In a world where so many of us feel different and still, as an "only" in our environment, she emphasizes that each one of us carries an inner brightness, something entirely unique and individual, a flame that's worth protecting. She encourages us to seek out a community in which "one light feeds another" and "one engaged community can ignite those around it." Together, we can develop solutions that exceed our individual capabilities and reach of one-dimensional perspectives. Given the geographic, climatic, cultural, and social complexities across the world, innovative approaches to sustain life on Earth will have to mirror the multitude of dimensions of the Earth system. Innovation requires diversity of thought to enable self-regulation.

Towards a better understanding of the Earth system through an expanded model of the Anthropocene, and the derived rules for a reasonable reaction

Anthropocene overforming is for the environment of humans

As beautiful as our earth is - more and more alarming changes, from climate change and ocean pollution to growing conflicts and war, are burdening our souls. The term "Anthropocene"⁵ used for these phenomena of modernity refers first of all to the period in which humans have significantly shaped their environment. At the same time, it also describes the effects of ubiquitous human behaviour on our biological-physical environment as well as indirectly on the socio-political environment. In this way, a model of understanding or worldview is created that helps to recognize the consequences of action ("supply chains") and, above all, to propose actions to overcome the critical effects.

Prof. Dr.-Ing. Martin G. Grambow
Bavarian State Ministry for the
Environment and Consumer Protection
Director of the division on
water management and geology
International water management
and water ethics

The changes in the world that have led to the Anthropocene era are composed of intended developments as well as unintended side effects. The intended developments are the technical possibilities created by our inventiveness from the construction and the reclamation of the landscape to the production of goods. They are the sum expression of our culture and civilization⁶. The resulting negative side effects, the most prominent of which is the emission of climate gases and the climate change induced by them, however, threaten the positive development of our civilization in the meantime.

A derivation of three basic mechanisms of action (primary, secondary and tertiary consequences and mechanisms of action), which in sum lead to the effects described as Anthropocene for the earth system, shall open the way to the urgently needed response strategies. The questions to be decided include whether we can aggressively stabilise the Earth system through even more extensive technical interventions, whether it is sufficient to reduce the further influence on the Earth system in the sense of consistent and sufficient behavioural change, or whether we must actively reduce the critical human influence on the entire ecosystem or the Earth system including its subsystems to such an extent that the systems can stabilise themselves again (cf. theory of resilience⁷).

Primary triggers and consequences for our environmental system

Primary triggers of the Anthropocene are caused more or less directly at every place on earth where people live and can be observed there. These are the purposeful, i.e. quite intentional cultural achievements of urbanization, landscape shaping and production - in each case including their unintentional or accepted unpleasant side effects.

⁵ P.J. Crutzen: „Geology of mankind“, nature, according to Nobel Prize winner Paul Crutzen, the Anthropocene is the current “geological epoch” shaped by humans, which follows the Holocene in terms of geological history. Crutzen: „*Unless there is a global catastrophe — a meteorite impact, a world war or a pandemic — mankind will remain a major environmental force for many millennia. A daunting task lies ahead for scientists and engineers to guide society towards environmentally sustainable management during the era of the Anthropocene*“.

⁶ Legitimised in the Christian cultural sphere by the temporary interpretation of the bible, “Be fruitful and multiply, and fill the earth and subdue it [...]” (Genesis I, 28s), cf. in this context René Descartes, 1637, humans are “rulers and owners of nature” („maîtres et possesseurs de la nature“), Discours de la méthode et Essais. Charles Adam und Paul Tannery (Hrsg.), Léopold Cerf, Paris 1902, S. 62.

⁷ B. Walker und D. Salt: *Resilience thinking*, Island Press, 2007

Physical changes to the landscape: The landscape in most of Europe has been transformed into a cultivated landscape. In Europe, 2/3 of the forests and approx. 84 % of the wetlands have been converted into agricultural land or settlement and traffic areas as a result of reclamation. Among other things, there are hardly any significant surface waters left that have not been altered by humans - straightened, diked, expanded or dammed. A return to original (Holocene) conditions is neither desirable nor realistic. However, it seems that we have reached an optimum between economic use and ecological compatibility and have now exceeded it. This is accompanied by changes in biocoenoses.

Impact on biocoenoses. The biocoenoses of the landscapes have led to far-reaching changes as a result of a variety of human influences. Many habitats, especially in soil and in surface and groundwater, have permanently altered ecological conditions and with them the biotaxis (just as an example: "species extinction").

Additional influence is exerted by the increase in entropy caused by chemicals (production and consumption as well as waste products) is putting increasing pressure on regional ecosystems, and also on global ecosystems.

Physical changes to the landscape: The landscape in most of Europe has been transformed into a cultivated landscape. In Europe, 2/3 of the forests and approx. 84 % of the wetlands have been converted into agricultural land or settlement and traffic areas as a result of reclamation. Among other things, there are hardly any significant surface waters left that have not been altered by humans - straightened, diked, expanded or dammed. A return to original (Holocene) conditions is neither desirable nor realistic. However, it seems that we have reached an optimum between economic use and ecological compatibility and have now exceeded it. This is accompanied by changes in biocoenoses: the biocoenoses of the landscape have undergone far-reaching changes as a result of these and other human influences. Many habitats, especially underground and in bodies of water, have been permanently altered and with them the biotaxis ("species extinction"). Additional influence is exerted by the

The increase in entropy caused by chemicals (production and consumption as well as waste products) is putting increasing pressure on regional ecosystems, and now also on global ecosystems.

Indirect or secondary triggers and consequences

Secondary triggers and consequences (of the Anthropocene) should be understood as all those phenomena which

- result from the accumulation of extensive and long-lasting consequences (impact) of the primary triggers, which are
- are supralocal, i.e. also outside the original areas of origin and
- have a lasting effect on parallel and superordinate systems, and thus
- for the Earth system and relevant subsystems in turn have a significant impact.

Such effects are in particular climate change and diffuse species extinction and their respective further consequences such as water shortage, and loss of resilience through the collapse of stabilizing biotopes (forests, reefs). The transitions between primary and secondary consequences can be fluid.

Tertiary effects: Dynamic increase in knowledge and respect for complex systems.

(οἶδα οὐκ εἰδώς)⁸

A sensible assessment of the Anthropocene and an adequate strategy to ward off against unwanted changes requires not only an understanding of the primary and secondary triggers and consequences, but also a reflection on our (un)knowledge and the risks of complicated complex due to the deep intervention in the huge, complicated and complex earth system that has taken place in the recent past. Here we have to contend with three phenomena:

1. We are far from fully understanding our vital systems and their complex interactions. This means that there is a partial lack of knowledge about their positive effects on the entire ecosystem and a growing risk that damaged systems will trigger secondary burdens.
2. we have only partially understood the negative effects of our primary and secondary drivers. Therefore, every few months new assessments of long existing chemical substances or interactions in biological processes appear.
3. the interaction of poor understanding of existing systems and ongoing anthropogenic changes with primary and secondary consequences increases the likelihood of non-resilient developments.

Fundamental proposals for dealing reasonably with the Anthropocene

In the Anthropocene, we have not only significantly influenced the development of the world, but implicitly inherited responsibility for the future. Mother Nature can no longer "save" us through her self-regulatory capacities; the rules of the game for our survival increasingly depend on our behavior. With each of our collective interventions, system resilience is weakened and the danger of side effects grows. The further development of this earth system, which has been over-formed by anthropogenic interests, must now be assessed as critical. This can end fatally - see climate change - and is probably ethically unjustifiable.

This realization leads now with some characters to a renewed hubris that they (homo sapiens) are like the creator and can actively control the earth with further technical measures (large-scale use of geoengineering). Not much better is the simple mental expectation that the ecosystem or even the creator must come up with something under these circumstances or would already have a plan B.

Both technical science⁹ and ethics¹⁰ come to a different conclusion: We have to take over responsibility by shaping our actions within ecological constraints! The benchmark for future security is sustainability and system resilience.

In the current state, we seem to have overstretched this resilience. To prevent the destruction of the system through exponential deterioration, we need to advise:

- a. We should finally take the numerous signs of critical system changes seriously. It is precisely the knowledge of our unavoidable uncertainties or lack of knowledge that demands a responsible approach to the resulting risks. A "business as usual" approach is ethically and economically irresponsible from a risk perspective.¹¹
- b. Our technical developments and their ubiquitous application have led to a kind of unintended, "induced" geoengineering. The purely technical answers to system stabilisation through globally applied geoengineering are conceivable, but according to current knowledge neither safely,

⁸ Sokrates "I know that I do not know", i.e. "known not-knowing" as an important part of knowledge

⁹ Notably James Lovelock, *The Revenge of Gaia: Earth's Climate Crisis & The Fate of Humanity*, 2007 und E. U. Weizsäcker et al., *Wir sind dran. Club of Rome: Der große Bericht: Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen. Eine neue Aufklärung für eine volle Welt*, 2017

¹⁰ Notably Pope Francis II, Encyclical letter *Laudato Si* of the holy father Francis, "on care for our common home", 2015 und *Laudate Deum, "to all people of good will on the climate crises"*, 2023

¹¹ Hans Jonas, *Das Prinzip der Verantwortung, Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, 2020

effective nor safely controllable. Nevertheless, the existing techniques must be subjected to critical discussion and binding national and international provisions must be set up quickly.¹²

- c. The clearly more coherent response is to reduce anthropogenic influences on the ecosystem to such an extent that the system can stabilise itself again.
 - a. This is to be achieved by avoiding further interventions as well as proactively through area-wide measures in the city and in the countryside for landscape regeneration.
 - b. Positive examples are the approach of EU environmental policy (EU Water Framework Directive, European Green Deal) or also the current water strategies in Germany (regeneration of the regional water balance).
 - c. The hope is to apply and combine technically known and feasible measures such as extended wastewater treatment, chemical avoidance, zero emission, climate gas avoidance, hedge structures, riparian strips, residual water, erosion prevention, biotope conservation, forest conversion towards more natural forests, etc. on a large scale, thus creating "responsibility-based geoengineering".
- d. Special attention shall be focused on the stabilization of the terrestrial water balance, the soil and the forests.¹³
- e. In parallel, research and development in these areas must be advanced in the national interest. This applies in particular to the water balance, which is the basis for every resilient ecosystem, and to the soil research.
- f. Investment in permanent gains in knowledge and the resulting corrections of system-relevant measures for the conscious control of the Anthropocene are a permanent task! Every condition that is assumed to be good today can be downgraded again tomorrow due to an increase in knowledge. The effects of the Anthropocene continue, with the consequence that the pressure of stress increases with it.

References

- Adam, C. und Tannery, P. (Hrsg.) (1902), über René Descartes, 1637, Discours de la méthode et Essais. Léopold Cerf, Paris, S. 62.
- Bork, H.-R. et al. (2020), Umweltgeschichte Deutschlands, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61132-6>, Springer Berlin, Heidelberg
- Crutzen, P. J. (2002): Geology of mankind. – Nature, 415(6867): 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>
- Fluet-Chouinar, E. et al. (2023): Extensive global wetland loss over the past three centuries, Zahlenwert bezogen auf Deutschland, Nature Vol. 614, Seite 281 ff.
- Grambow, M.; Feustel, M.; Manz, E.; Arzet, K.; Hafner, T.; Korck, J. (2020): Die Wasserpolitik im Anthropozän; Korrespondenz Wasserwirtschaft; Nr. 7 2020; Deutsche Vereinigung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Hennef; Verbandszeitschrift
- Institute for Advanced Studies TU München, IESP e. V. (2008): Zugspitze Declaration: Dealing Wisely with the Planet, Zugspitzerklärung
- Jonas, H. (2020): Das Prinzip der Verantwortung, Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation
- Lovelock, J. (2007): The Revenge of Gaia: Earth's Climate Crisis & The Fate of Humanity, Basic Books
- Lovelock, J. (2009): The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning, Basic Books
- Papst Franziskus (2015): Laudato Si: Gelobt seist du, die Umwelt-Enzyklika des Papstes
- Papst Franziskus (2023): Laudate Deum: An alle Menschen guten Willens über die Klimakrise
- Walker, B. , Salt, D. (2006), Resilience thinking, Island Press

¹² Institute for Advanced Studies TU München, IESP e. V., Zugspitze Declaration: Dealing Wisely with the Planet, 2008

¹³ The global preservation of natural groundwater levels seems to be of central importance

Discussion

Questions of Peter Wilderer: In his article, Martin Grambow explains that the term "Anthropocene" should not only be understood as a period of time in world history. According to the author's proposal, the term also stands for a philosophical debate and thus as a call for ethical and moral action. The resulting responsible action would then be understood as a fundamental obligation of humanity with all its facets and is therefore also an important contribution to anthropogenic regulation. If this assumption is correct, it would be helpful if the dual meaning of the term "Anthropocene" were explained in more detail and deepened.

This global call for responsible action is associated in the article with sustainable "geoengineering". This term may seem catchy, but it does not really fit the context because "engineering" is to be understood as the application of scientific principles and mathematical methods to solve practical problems. Does this also include social, economic and governmental problems? And are responsibility and sustainability a priori anchored in the term "geoengineering" in this definition? It would therefore be helpful if the author could provide a brief clarification of these contradictory meanings.

The answer of Martin Grambow: I think the Anthropocene is initially just a description of a state and a process: certain processes (pollution, transformation over-shaping) were initiated in the Anthropocene that led to critical changes. However, together with the knowledge of sustainability and resilience, the Anthropocene also gives rise to imperatives for collective action.

This also leads to the second part of Peter Wilderer's question, the use and further development of the term geoengineering. In my opinion, the discussion here is not yet closed (see also Wolfram Mauser's comments). I tend to characterize both cultural techniques that, when used globally, produce significant global changes (e.g. to the earth's climate or species) as "unintentional geoengineering". James Lovelock comments: "If geoengineering is defined as a purposeful human activity that significantly alters the state of the Earth, we became geoengineers soon after our species started using fire for cooking, land clearance, and smelting bronze and iron" (Lovelock, 2009, p. 139ff). Admittedly, such a definition disturbs the pure doctrine of "engineering", which only has the intended effect in mind. However, if it is known that the application of a certain cultural technique has a negative cumulative effect with global consequences on climate, for example, leads to the extinction of species or destroys the soil, and I do care - am I not engaging in geoengineering? And vice versa, if we now develop new or improved cultural techniques - e.g. degradable plastic or more eco- and climate-effective forestry - with the secondary or even main goal of developing the effects of the Anthropocene in a consistent, sustainable direction - what do we call such action? Geoconsistent? Natural geoengineering?

We still need to agree on the right terms here. James Lovelock proposes another definition of geoengineering that I agree with: "Geoengineering methods fall into three main categories: physical means of amelioration such as the manipulation of the planetary albedo; physiological geoengineering that includes tree planting, the fertilization of ocean algal ecosystem with iron ... and, finally, active or Gaian geoengineering that involves the use of the Earth's ecosystem to power the process, or to change the nature of climate feedback from positive to negative" (Lovelock ibid. p 141).

And yes, these issues are linked to all social, economic and governmental problems. We only have the problem of limited knowledge; we mainly have a socially, economically and politically driven problem of implementation.

Peter Wilderer on a completely different form of geoengineering: Should measures to combat invasive species be seen as a unique form of geoengineering? This question refers to the control of Neophytes and Neozoa using technical or chemical measures. In contrast to such measures the immigration of not-indigenous species as the result of self-regulation should be tolerated. In this case, observations would be an indication of biotic adaptation to climate change, which should be welcomed, even if the result is an often-painful compulsion to abandon economic profit.

Why it is Urgent to take a Proactive Attitude towards Protecting the Existing Natural Forests

Much of what we know today about forests was already known to our ancestors in the distant past. Forests are sources of food and medicine; they provide wood for building and heating homes and oxygen to breathe. Modern people should understand these forest functions equally well since they are part of our economy and commerce. However, with the development of science, people received fundamentally new and extremely important information about the forest. This new information is now also gradually becoming common knowledge, but its internalization till has a long way to go.

Anastassia M. Makarieva, PhD
Theoretical Physics Division, St .Petersburg
Physical/biological bases of life stability
Fellow: TUM IAS, Munich
2008 UNESCO-RAS Prize
Edit. Board: Journal Atmosphere (ECSA)

First, it turned out that forests and other natural ecosystems impose a huge impact on the environment and climate in comparison with processes in inanimate nature. One of the first to pay close attention to this at the beginning of the last century was a Ukrainian geochemist Vladimir Vernadsky. According to Vernadsky, living organisms are a “huge geological force” (or indeed “the geological force”) that determines the conditions of their existence in the biosphere (Vernadsky 1998).

Estimates of life’s huge environmental impact first outlined by Vernadsky were later confirmed by international scientific teams using modern methods of studying the Earth, including satellite data. For example, it was found that terrestrial ecosystems, mostly forests, are responsible for the major part of evaporation on land (Jasechko et al. 2013)¹⁴. Total solar power used by terrestrial vegetation for evapotranspiration exceeds the power of modern civilization by more than a hundred times (Gorshkov 1995).

In the general case, a huge impact can be constructive or destructive, stabilizing or destabilizing. However, it was found that natural ecosystems interact with their environment in a non-random way. A Russian theoretical physicist Victor Gorshkov analyzed the available multidisciplinary evidence related to the life-environment interaction (from geochemistry to genetics and ecology) and concluded that they have only one non-controversial explanation: the biotic regulation of the environment. Natural ecosystems regulate the environment maintaining it in a state favorable for life (Gorshkov 1995).

The opposing processes of synthesis and decomposition of organic matter serve as the two levers of biotic regulation. Plants synthesize organic matter; all the other organisms (bacteria, fungi, animals) decompose it. Owing to the huge global power of these processes, even a small imbalance between the rates of biochemical synthesis and decomposition could have destroyed life-compatible conditions on Earth in a very short time. For example, the store of inorganic carbon (carbon dioxide) in the

¹⁴ In the process of photosynthesis, the stomata of green leaves open to pick up carbon dioxide from the atmosphere. While the stomata are open, water vapor evaporates into the atmosphere from the internal wet milieu of the leaf. This process is called evapotranspiration. Per each molecule of carbon dioxide fixed, several hundred water molecules evaporate.

atmosphere, which is of the order of 1000 Gigaton C (1 Gigaton is equal to one billion tons), could have been changed by the biota by 100% in just ten years, because the rate of global synthesis and decomposition is of the order of 100 Gigaton C per year.

However, the atmospheric CO₂ concentration has retained its order of magnitude over tens and hundreds of millions of years! This means that natural ecosystems can maintain this concentration in a suitable for-life state compensating for deviations from the optimum. In other words, to keep the atmospheric composition stable, the synthesis and decomposition of organic matter must be strictly controlled by the natural biota.

Gorshkov (1995) made a crucial inference that, if the biota is monitoring and synchronizing powerful biogeochemical fluxes in the short term, then it must be exerting a strong compensatory reaction on the modern anthropogenic disturbance of the global carbon cycle. This conclusion is distinct from the implications of the Gaia hypothesis, which implied that the stabilizing biotic impacts are pronounced on a geological timescale and could be “extremely slow compared with current human concerns” (Lovelock 1986). The Gaia hypothesis recognized that the destruction of (some) natural ecosystems could impair planetary homeostasis. However, it did not recognize that the remaining natural ecosystems exert a strong compensatory response to anthropogenic environmental perturbations. Neglecting this response gives rise to a misleading conclusion that some ecosystems, like boreal forests, may not be indispensable for planetary wellbeing.

The biotic regulation concept draws a fundamental distinction between ecosystems that retain their climate-regulating function and those that have been disturbed beyond their sustainability threshold and have lost their climate-regulating capacity. This distinction has enabled Gorshkov (1995) to solve the so-called “missing sink” enigma long before this solution was recognized in the mainstream literature (Popkin 2015). The conventional view in ecology had been that natural ecosystems function on the basis of closed biogeochemical cycles (Odum 1969) and can only increase their productivity if the concentration of a limiting nutrient increases. Since terrestrial ecosystems are known to be limited by nitrogen and phosphorus (this knowledge comes from agriculture), no one could have expected that undisturbed forests could increase their productivity and ensure a CO₂ sink in response to the rising CO₂ concentrations. Why should they? How could they, if there is no matching rise in nitrogen and phosphorus? Finally, even if there were an increase in synthesis, why would not there be a matching increase in the decomposition – especially as the soils are warming and metabolic rates of bacteria and fungi increase?

Therefore, when atmospheric measurements became sufficiently precise to enable an accurate assessment of the global carbon cycle, and it was found that the known sources and sinks do not match, and there was a large missing sink of an unknown nature, there has been a persistent resistance from the ecological and Earth Science communities to ultimately admitting that this sink is mostly ensured by natural forests (Popkin 2015; Makarieva et al. 2023a).

Within the biotic regulation, this response was straightforwardly predictable. Natural ecosystems must react to the excessive atmospheric carbon by removing it from the atmosphere and storing it in an inactive organic form. As there is no comparable increase in nitrogen and phosphorus, the excessive carbon should be removed as carbohydrates that do not contain nitrogen and phosphorus (Gorshkov 1986). But only those ecosystems that remain sufficiently intact (least disturbed) should be able to perform such a stabilizing response. Other ecosystems like arable lands should be a source of carbon as their regulatory mechanism has been broken. This is exactly what the changes in the global carbon cycle look like: there is a sink ensured by relatively intact forests (and oceanic ecosystems) and a source from land use and net deforestation (Gorshkov 1995).

Therefore, one can view the anthropogenic disturbance of the global carbon cycle as a planetary-scale experiment that has confirmed the biotic regulation predictions. This has been a very costly experiment for our planet. Its results should be thought through very seriously and practical conclusions made. Carbon is a major life-important environmental constituent, but it is not the only one. Water is a key

factor enabling life on land. Thus, as they have been able to regulate carbon, natural terrestrial ecosystems should also be able to regulate the water cycle. This regulation has two aspects: one is the regulation of the cloud cover and another is the regulation of the atmospheric moisture transport.

Recent research has revealed that natural forests possess a strong capacity to modify the cloud cover and moisture transport and stabilize the water cycle (e.g., O'Connor et al. 2021; Cerasoli et al. 2021; Duveiller et al. 2021; Makarieva et al. 2023b). We now know, as did Vernadsky in the beginning of the twentieth century that ecosystems do impose a huge impact on the Earth's cloud cover and atmospheric circulation – i.e., those very factors that are recognized as the biggest source of uncertainty in the current climate models (Zelinka et al. 2020). It will take more time until the stabilizing nature of these impacts will be demonstrated in precise quantitative terms as it has been demonstrated for the carbon cycle. We can wait until the corresponding publications reach a critical mass to apply for a paradigm shift, while natural forests will continue to be destroyed. Alternatively, we can use the results of the “global carbon experiment” and make the logical inference that the natural forests must have evolved a stabilizing impact on the water aspects of climate as they have evolved it for carbon – and then take urgent measures to preserve these efficient climate regulators. This will require, in the words of Nassim Nicholas Taleb (2007), “intellect, courage, vision, and perseverance”.

As soon as we stand on the position that natural forests have evolved to regulate climate, we immediately recognize that this climate-regulating capacity cannot be maximized alongside commercial uses. Why? Maximum wood production is not compatible with the complex natural selection criteria under which the life-supporting forest-climate homeostasis evolved. Beyond a critical disturbance, level, forests become unable to stabilize climate and bring water on land and to terrestrial ecosystems via the biotic pump. Plantations and forests disturbed by logging are more prone to fire and contribute to landscape drying, not wetting (Laurance & Useche 2009; Bradley et al. 2016; Oliveira et al. 2021; Lindenmayer et al. 2022; Wolf et al. 2023).

A specific and sufficient network of intact natural forests must be exempted from ongoing exploitation to prioritize their evolved climate-regulating function and bring water to land at large. There is irreplaceable value in forests that still possess their climate-regulating capacity (now, or in the relatively near future). Natural forests fully restore their climate-regulating function during ecological succession, which takes more than a century (i.e. several lifespans of tree species). In the current climate emergency, losing existing natural forests' climate regulation is irrevocable.



Artistic visualization of a natural tropical rainforest
(unknown author)

Self-grown forests with substantial time since the last large-scale disturbance (old and old-growth forests) are primary targets for climate-stabilizing conservation while protecting other key values (proforestation, Moomaw et al. 2019). Regional, national, and international cooperation is required to preserve our well-being and the common planetary legacy of existing climate-regulating forests. Clear and unbiased interdisciplinary collaboration is needed to identify resource-production areas vs. old-growth and climate-regulating networks (Makarieva, Nefiodov & Masino 2023).

While fundamental science is being advanced, the precautionary principle should be strictly applied. Any control system increases its feedback as the perturbation grows. Therefore, as the climate destabilization deepens, the remaining natural ecosystems should be exerting an ever-increasing compensatory impact per unit area. In other words, the global climate price of losing a hectare of natural forest grows as the climate situation worsens. We call for an urgent global moratorium on the exploitation of the remaining natural ecosystems.

References

- Bradley, C. M., Hanson, C. T., & DellaSala, D. A. (2016). Does increased forest protection correspond to higher fire severity in frequent-fire forests of the western United States?. *Ecosphere*, 7(10), e01492.
- Cerasoli, S., Yin, J., and Porporato, A. (2021). Cloud cooling effects of afforestation and reforestation at midlatitudes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 118, e2026241118. doi: 10.1073/pnas.2026241118
- Duveiller, G., Filipponi, F., Ceglar, A., Bojanowski, J., Alkama, R., and Cescatti, A. (2021). Revealing the widespread potential of forests to increase low level cloud cover. *Nat. Commun.* 12, 4337. doi: 10.1038/s41467-021-24551-5
- Gorshkov, V. G. (1986). Atmospheric disturbance of the carbon cycle: impact upon the biosphere. *Nuov. Cim. C* 9, 937–952. doi: 10.1007/BF02891905
- Gorshkov, V. G. (1995). *Physical and biological bases of life stability: man, biota, environment*. Springer Science & Business Media.
- Jasechko, S., Sharp, Z. D., Gibson, J. J., Birks, S. J., Yi, Y., & Fawcett, P. J. (2013). Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. *Nature*, 496(7445), 347-350.
- Laurance, W. F., & Useche, D. C. (2009). Environmental synergisms and extinctions of tropical species. *Conservation Biology*, 23(6), 1427-1437.
- Lindenmayer, D. B., Bowd, E. J., Taylor, C., & Likens, G. E. (2022). The interactions among fire, logging, and climate change have sprung a landscape trap in Victoria's montane ash forests. *Plant Ecology*, 223(7), 733-749.
- Lovelock, J. E. (1986). Geophysiology: a new look at earth science. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67(4), 392-397.
- Makarieva, A. M., Nefiodov, A. V., Rammig, A., & Nobre, A. D. (2023a). Re-appraisal of the global climatic role of natural forests for improved climate projections and policies. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, doi:10.3389/ffgc.2023.1150191
- Makarieva, A. M., Nefiodov, A. V., Nobre, A. D., Baudena, M., Bardi, U., Sheil, D., et al. (2023b). The role of ecosystem transpiration in creating alternate moisture regimes by influencing atmospheric moisture convergence. *Glob. Change Biol.* 29, 2536–2556. doi: 10.1111/gcb.16644
- Makarieva, A. M., Nefiodov, A. V., Masino S. A. (2023c) How to assess and preserve the climate-regulating function of forests for local and global wellbeing. The Eastern Old-Growth Conference, Geneva Point Center, NH USA, 21-23 September 2023.

- Moomaw, W. R., Masino, S. A., and Faison, E. K. (2019). Intact forests in the United States: proforestation mitigates climate change and serves the greatest good. *Front. For. Glob. Change* 2, 27. doi: 10.3389/ffgc.2019.00027
- O'Connor, J. C., Dekker, S. C., Staal, A., Tuinenburg, O. A., Rebel, K. T., and Santos, M. J. (2021). Forests buffer against variations in precipitation. *Glob. Change Biol.* 27, 4686–4696. doi: 10.1111/gcb.15763
- Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development: an understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *Science* 164, 262–270. doi: 10.1126/science.164.3877.262
- Oliveira, A., Sande Silva, J., Gaspar, J., Guiomar, N., & Fernandes, P. (2021). Is native forest an alternative to prevent wildfire in the WUI in Central Portugal?
- Popkin, G. (2015). The hunt for the world's missing carbon. *Nature*, 523, 20-22.
- Taleb, N. N. (2007). *The black swan: The impact of the highly improbable* (Vol. 2). Random house, p. xxiii
- Vernadsky, V. I. (1998). *The biosphere*. Springer Science & Business Media.
- Wolf, J., Asch, J., Tian, F., Georgiou, K., & Ahlström, A. (2023). Canopy responses of Swedish primary and secondary forests to the 2018 drought. *Environmental Research Letters*, 18(6), 064044.
- Zelinka, M. D., Myers, T. A., McCoy, D. T., Po-Chedley, S., Caldwell, P. M., Ceppi, P., et al. (2020). Causes of higher climate sensitivity in CMIP6 models. *Geophys. Res. Lett.* 47, e2019GL085782. doi: 10.1029/2019GL085782

Discussion

Comment by Erica Gies, USA, science journalist: I find it difficult to explain how intact ecosystems have an overwhelming impact on climate. It would be helpful for policy makers if there was a way to quantify not only the carbon dioxide equivalent stored in ecosystems, but also the impact on climate through cooling of plants and soils, the water cycle, etc. I realize that this is an emerging science - that's what my article in Nature Water is about. But I wonder if Anastassia or anyone else can point to a more comprehensive source?

One general data point is that about 20 percent of current greenhouse gas emissions come from land use change. So, from deforestation, tillage, etc., which release stored carbon.

In terms of sequestration in natural ecosystems, some studies show that mangroves in Indonesia store three times more carbon than the Amazon forests or something like that. But is there a global accounting of the total storage capacity? Or the ability of restored ecosystems to store carbon (as opposed to expensive, unproven technologies)?

Is there a way to quantify the positive impact of the water cycle on the climate and compare it to these carbon balances?

Answer of Anastassia Makarieva: It would be helpful for science communicators and policy makers to have a source of systematic evidence, e.g. that primary forests are more resilient to drought than secondary forests, that native vegetation prevents devastating fires and produces cooling clouds, that intact forests warm less than non-intact forests in global warming, and so on.

But for such evidence to become part of the peer-reviewed scientific literature, a paradigm shift is needed. And this is not about CO₂. It's about how modern science views the interaction between life and the environment. The current paradigm, which relies on adaptation and limitation as key concepts, does not overlook such evidence, but actively resists it, so it remains scattered. (A striking example of such a contradiction, the "Odum Paradox.")

James Lovelock, who proposed Gaia, had a holistic view thanks to his space studies and the ability to see our planet as a whole. Victor Gorshkov, who formulated the concept of biotic regulation, had a comprehensive view of a physics theorist who spent years in the Russian wilderness. Richard Dawkins, one of the most visible opponents of the idea that intact ecosystems regulate climate, is an evolutionary biologist.

Modern evolutionary biology, which is based on "survival of the fittest", is hostile to the environment. "Survival of the fittest" is not a tautology, as it may seem ("the fittest is the one who survives"). It contains a very strong statement: there is always someone ("the strongest") who survives! If you postulate survival, you no longer need to worry about environmental destruction. A certain compatibility with life is axiomatized.

Modern ecology is based on the principle of limitation, which sees life as limited by external conditions. This false but deeply rooted view goes back historically to early human observations made in agricultural ecosystems. Agricultural systems are limited by fertilizers. Natural ecosystems are not; they create and maintain their own optimal environment.

In a mental institution, it is not possible to study how a healthy human psyche function. Nor is it possible to assess the value of natural ecosystems in a disturbed environment.

The problem of people viewing life through the skewed mirror of our disturbed environment and damaged ecosystems is compounded by the fact that intact ecosystems are rapidly being lost - further reducing the chance that we will ultimately understand and utilize their importance. As I mentioned earlier, a strong and conscious intellectual effort is needed to counteract these dangerous trends.

Intact ecosystems stabilize the climate. The more we disturb them, the more unstable the climate we have becomes.

Not everything that is green is the same. Like an angry genie let out of the bottle, a disturbed but very productive biological system can destroy the environment very quickly.

Question of Peter Wilderer: The connections Anastassia Makarieva makes in her chapter relate primarily to deciduous forests. How do the processes in forest ecosystems characterized by deciduous trees differ from those in which conifers dominate? Is the "biotic pump" concept limited only to deciduous forests, or do spruce forests, for example, have a comparable importance for the water cycle?

Answer of Anastassia Makarieva: The main difference in the biotic pump function is not between deciduous and evergreen forests, but between disturbed and undisturbed forests. In the boreal zone, the primary forest can be dominated by evergreen trees such as spruce and fir. These natural forests provide the most active biotic pump and ensure a steady flow of moisture. Especially in spring, with the first warm days, the evergreen forest can start evapotranspiration and switch on the biotic pump transport. The influx of cool, moist air masses from the Atlantic ensures a smooth transition between the seasons. When the primary forest is cut down, ecological succession sets in, dominated by deciduous trees such as birch or aspen. In spring, these trees do not yet have leaves and cannot transpire. This leads to additional warming of the soil, resulting in various weather extremes.

Experiences from Practice and Suggestions for an Innovative Approach

Progressive Thinking in Economics

Initial situation

All scientific disciplines are characterized by continuous development with different dynamics. This is true for the social sciences (including economics), the engineering sciences, the natural sciences, the humanities as well as for other sciences. In this context, one often speaks of scientific progress, which can be seen, for example, in the diverse sub-disciplines of economics. However, controversies arose in various scientific disciplines. The question of the "right direction or quality of progress" was at stake. Controversies of this kind occurred several times in economics, for example. These were not only the major controversies such as "bourgeois economics versus Marxism," but also, for example, the controversy that arose in the 1970s: monetarism versus Keynesianism. Accordingly, there were different assessments in the economic sciences with regard to progress but also with regard to an economic equilibrium.

If we look at the current discussion in the context of economics, we can also observe different currents today, which lead to different assessments of economic progress. Without claiming to be exhaustive, there are various examples of this. On the one hand, there are representatives who evaluate the economic mainstream positively overall and thus consider only a few "corrections" to be necessary. In this case, progress in economic science is viewed positively overall. On the other hand, the manifold economically relevant crises of the last decades have led a growing number of representatives of economics to question whether economics is in a crisis, or whether it has even failed. The discussion has been particularly intensified by the global financial and economic crises, but also by the worsening climate crisis. In this context, the book by Lesch and Kamphausen entitled "Die Menschheit schafft sich ab (Mankind abolishes itself)". The Earth gripped by the Anthropocene" (original title: "Mankind aborts itself. The Earth gripped by the Anthropocene") attracted a great deal of attention. This raises the question of whether or to what extent one can still speak of economic progress.

Dr. Michael von Hauff
Prof. University of Kaiserslautern,
Germany: Chair of Macro-economics
Ecological, Economic, Social and
sustainable development
Fellow of EASA
Chairman of IESP

The belief in progress is crumbling

As a result, the contribution of modern economics to explaining economic processes and solving challenges has been increasingly questioned in the recent past. This has given rise to considerations, both among students of economics, for a reorientation of the content of economics. Students in many countries, for example, increasingly articulated their discomfort with mainstream economics curricula. In some cases, they have joined together to form initiatives. In Germany, for example, the "Network Plural Economy" should be mentioned. The criticism is mainly directed against neoclassical economics as the dominant paradigm in economics, which shapes our daily lives in many ways.

In 2015, a survey of members of the Verein für Socialpolitik/Germany was conducted as part of "New Thinking". The target group consisted of economists from Germany, Austria and Switzerland in academia and practice who had at least a PhD. It became clear that there was a growing unease among many economists about their own discipline. While 51.5% of the economists surveyed denied that economics is in a crisis of legitimacy, 45.5% acknowledged that it is. What is striking here, as can be seen from the chart, is that in the period from 2010-2015, the proportion of those in favor increased from 42.0% to 45.5% and, correspondingly, the proportion of those denying that there is a crisis of legitimacy decreased from 56.5 to 51.5.

Survey of economists on the legitimacy crisis of the economy



Survey of economists on the legitimacy crisis of economics.

Source: Lisa Bucher 2015

The new paradigm of economics

For a long time, it remained hidden in economics that in 1992, at the conference in Rio de Janeiro, the community of nations agreed on a completely new paradigm for the 21st century, sustainable development. It contrasts with the neoclassical ecology in that the three dimensions of ecology, economy and social affairs are to be brought together in a balanced way. This requires a completely new way of thinking about progress, in which economic and social processes have to be arranged or subordinated within the framework of the ecological planks. In the long run, man is not viable if nature is continuously overexploited, whereas nature is already overexploited in many areas. Therefore, economic and social fields of action alone cannot be sustainable. Therefore, the international community has decided that all member nations of the United Nations have to develop a national sustainability strategy in accordance with the 2030 Agenda by 2015 and implement it in a consistent transformation process by 2030.

This challenge has been taken up by some countries. In these countries, for example, there are research institutes for sustainability, universities that are increasingly addressing the topic in their teaching and research, and companies that are taking on the challenges of sustainable development. There are also approaches to implementing sustainable development in politics in some countries. Nevertheless, there is still great potential in education, research, politics and business in these countries as well within the framework of a sustainable transformation process. In contrast, most nations are still largely at the beginning of the transformation process. As a result, we are forcing future generations to face worsening crises that will have a devastating impact on their living conditions and quality of life. Mankind has not yet recognized the challenges of sustainable progress-thinking in the necessary scope and urgency or refuses to do so.

References

Bucher, L Quelle (5): Third major economist survey by Neuwirtschaftswunder.de / SZ, May/June, 2015.

Hauff, M. von: Sustainable Development, 3rd ed, Munich 2021.

Jackson, T.: Prosperity without Growth: Foundations for the Economy of Tomorrow, Routledge 2017.

Lesch, H., Kamphausen, K.: Die Menschheit schafft sich ab - Die Erde im Griff des Anthropozän, Munich 2016.

Discussion

Question of Ortwin Renn: How can the schools of institutional economics, evolutionary economics and ecological economics be categorized here?

Answer of Michael von Hauff: **The school of Institutional Economics** teaches that institutions are rules of the game that structure economic or social action. Their main purpose is to reduce uncertainty in economic processes and in the social context by providing a stable order in daily life. Therefore, institutions are "... any kind of constraint ... for organizing human interactions." (North 1992, p.4, one of the founders of institutional economics). The contribution of institutional economics to sustainable development is to define restrictions in the sense of limits, for example through ecological guard rails, but also scope for action. However, institutional economics in this sense has not yet been sufficiently introduced into the paradigm of sustainable development.

The school of Evolutionary Economics teaches: evolutionary economics, which is based on the Austrian economist Schumpeter, is to be classified in contrast to neoclassical economics or theory. This field of economic research emerged in the 1980s and deals with the role of knowledge, its change and its limitations for the economy. With its focus on technology, learning and institutional contexts, evolutionary economics has connections to social science technology research. There are intersections with sustainable development in this context, but these need to be worked out more clearly.

School of Ecological Economics: Ecological economics was introduced by the work of Nikolas Georgescu Roegen, Kenneth Boulding and William Kapp in the mid-1970s. So far, however, there is no unified school or coherent body of theory. It stands in stark contrast to neoclassical economics and also emerged in this context. A key point of agreement with sustainable development is the realization that humans cannot survive without stable ecological systems. The existence of economic activity and social processes is only possible within the framework of nature and its limits. However, there is a difference in that ecological economics neglects the social dimension of sustainable development. For a long time, representatives of ecological economics strictly rejected economic growth. However, both disciplines are now beginning to discuss "sustainable growth".

Contribution of the Building Sector to the Preservation of the Functionality of the Earth System

Preliminary remarks

To understand and define the ecological impacts of human activities and the carrying capacity limits of our biosphere, the concept of planetary boundaries was proposed in 2009 by a group of internationally renowned Earth System and environmental scientists under the leadership of Johan Rockström [1], then director of the Stockholm Resilience Centre.

Prof. Dr. Werner Lang
TUM Vice President for
Sustainable Transformation
Chair of Energy Efficient and
Sustainable Design & Construction
Director of the
Oskar von Miller Forum

These planetary boundaries include (1) climate change, (2) biosphere integrity and biodiversity conservation, (3) stratospheric ozone depletion, (4) atmospheric aerosol loading, (5) ocean acidification, (6) biogeochemical cycles (nitrogen and phosphorus), (7) freshwater use, (8) land use change (e.g. deforestation), (9) inputs of man-made substances, chemicals, and radioactive particles. The crossing of each of the boundaries threatens the stability of the earth's ecosystem and thus the basis of our existence.

Since 2009, the database has been expanded and deepened. According to the latest published state of research in this area [2], human activities currently exceed six of nine ecological stress limits or thresholds. This is evidenced by the sharp (1) decline in biodiversity, the continuing increase in (2) input of man-made substances, the ongoing (3) emission of greenhouse gases, the growing (4) input of nitrogen and phosphorus, the continuing (5) change in land use, and the excessive increase in (6) freshwater use, posing a serious threat to the continued existence of humanity [3].

The role of civil engineering in stabilizing the ecological balance

Because the ecological stress limits have been exceeded, the building industry is strongly called upon to make a comprehensive contribution to stabilizing the ecological balance. This is especially true for the critical areas mentioned, such as greenhouse gas emissions, biodiversity decline, the input of man-made substances, the input of nitrogen and phosphorus, land use change and water use.

Greenhouse gases

In 2021, construction accounted for 34% of total global energy consumption and 37% [4] of energy- and process-related CO₂ emissions. Given the continuing increase in the world's population and the expectations in emerging countries about a better standard of living, the measures taken to date to fundamentally minimize CO₂ emissions and to achieve climate neutrality [5] enshrined in the European Green Deal are not considered sufficient to minimize global CO₂ emissions comprehensively. This becomes even more critical in the coming decades, as studies have shown that the global building stock will double by 2060 concerning all floor areas existing in 2017 [6].

The path to CO₂ neutrality as set out in the European Green Deal is highly relevant. Achieving fundamental decarbonization of all sectors of the economy and society requires clarifying the scope and speed of implementing the necessary measures. At the same time, the strategies for the implementation of EU measures for comprehensive decarbonization have to be simultaneously applied on a global level to achieve the necessary, fundamental reduction of greenhouse gas emissions.

The implementation of relevant sustainability strategies, such as the complete conversion of the energy supply to the use of renewable energies and the comprehensive use of renewable raw materials, as

well as the transformation of our economy to circularity as a core principle, are of crucial importance here, both in the construction sector as well as in all other economic sectors.

Biodiversity and land use change

The construction of buildings with associated areas for development, mobility, recreation and infrastructure currently causes land consumption of around 55 hectares per day in Germany [7]. This results in the progressive destruction and fragmentation of habitats for plants and animals. Given the continuing increase in per capita land requirements for housing, it is necessary to ask how the principle of frugal use of land as a resource can be communicated in social terms. Given the strong global increase in the demand for land for construction, this question must also be asked on a global scale, following the principle of sufficiency [8]. To this end, responsible urban planning and design can help to prevent urban sprawl and preserve and expand green spaces to promote biodiversity and protect ecosystems, especially in urban environments. The comprehensive consideration and implementation of green infrastructure in urban planning has the potential to create habitats for plants and wildlife and to contribute to urban biodiversity [9], [10].

Input of man-made materials and resource use

Materials used in the building sector, such as concrete, steel, aluminum and glass, currently (2022) account for about 9% of total energy-related CO₂ emissions. In addition, around 100 billion tons of waste are generated worldwide by construction, renovation and demolition activities. 35% of this ends up as waste in landfills. According to current forecasts, raw material consumption in construction will double on a global level by 2060, with corresponding consequences for raw material demand and manufacturing-related greenhouse gas emissions [11]. In addition, the use of chemicals in the construction industry must be fundamentally questioned to reduce the input of harmful chemicals, such as volatile organic compounds (VOCs), as much as possible.

Given these daunting challenges, the application of fundamentally sustainable construction practices is imperative. Therefore, sustainable building has to be based on the following fundamental principles:

Sufficiency: Clarifying how much of a particular good is needed in terms of frugality. The goal is to minimize the use of resources such as soil, water, materials, energy, etc..

Consistency: Extensive use of renewable energies, renewable raw materials and implementation of closed material cycles. The goal is to prevent the exploitation and use of non-renewable resources and to avoid negative environmental impacts such as greenhouse gas emissions and waste.

Efficiency: Minimization of renewable as well as non-renewable resource consumption to minimize effort, costs, resource depletion and negative environmental impacts.

These basic principles must be examined in terms of their feasibility in the early stages of planning construction activities in order to anchor and implement the corresponding sustainability goals in cooperation with all stakeholders in the planning process.

Water use and nitrogen and phosphorus flows

Global freshwater use has increased six-fold over the past 100 years and has been steadily increasing by about 1%/year since 1980. Agricultural use accounts for about 69%, industrial production and energy generation for about 19%, and municipalities for about 12% [12]. It can be assumed that the demand for freshwater will continue to increase strongly until 2100 due to the further growth in the world population [13], which will also increase the existing global challenges such as unevenly distributed availability and, in part, poor quality [14].

In terms of construction, a much more efficient use of freshwater through the extensive use of water-saving technologies and the use of rainwater and greywater to reduce the demand for water in toilet flushing and for the irrigation of green spaces is therefore of crucial importance. This also applies to unsealing open spaces and implementing separate drainage of wastewater and stormwater to help conserve local freshwater resources through an on-site infiltration of stormwater.

About the urgent need to avoid the release of excess nitrogen and phosphorus into ecosystems (eutrophication), attention has to be given to appropriate wastewater treatment. This also applies to the avoidance of the input of micropollutants and microplastics [15].

Life cycle-based life cycle assessment to evaluate environmental impacts

To implement the sustainability goals in all phases of the life span of buildings, it is necessary to be able to assess the environmental impacts of alternative planning concepts at the early stages of the planning process. In this context, the life cycle assessment method [16] offers a way to determine and assess the environmental impacts of buildings over their entire life cycle. This involves determining all the environmental impacts that arise from the production, use, operation, dismantling and disposal of a building, as well as from all upstream and downstream processes. An essential component for the preparation of a life cycle assessment [17] is the building material-related Environmental Products Declaration (EPD) [18], [19].

The EPDs contain, among other aspects, core indicators for the environmental impact and parameters for describing the use of resources and other environmental information.

Indicators for assessing environmental impact

- Global warming potential fossil (GWP-fossil)
- Stratospheric ozone depletion potential (ODP)
- Acidification potential, cumulative exceedance (AP)
- Global warming potential biogenic (GWP-biogenic)
- Potential for formation of tropospheric ozone (POCP)
- Potential for depletion of abiotic resources non-fossil resources (ADPE)
- Eutrophication potential freshwater (EP-freshwater)
- Global warming potential luluc (GWP-luluc)
- Eutrophication potential saltwater (EP-marine)
- Water withdrawal potential (WDP)
- Eutrophication potential land (EP-terrestrial)
- Global warming potential-total (GWP-total)
- Abiotic depletion potential fossil fuel (ADPF)

Parameters Resource use and other environmental information

- Renewable primary energy as an energy source (PERE)
- Renewable primary energy for material use (PERM)
- Total renewable primary energy (PERT)
- Non-renewable primary energy as an energy carrier (PENRE)
- Non-renewable primary energy for material use (PENRM)
- Total non-renewable primary energy (PENRT)

- Total renewable primary energy (PERT)
- Use of secondary materials (SM)
- Renewable secondary fuels (RSF)
- Non-renewable secondary fuels (NRSF)
- Use of freshwater resources (FW)
- Hazardous waste to landfill (HWD)
- Non-hazardous waste to landfill (NHWD)
- Radioactive waste disposed (RWD)
- Components for reuse (CRU)
- Materials for recycling (MFR)
- Materials for energy recovery (MER)
- Exported electrical energy (EEE)
- Exported thermal energy (EET)

Additional environmental impact indicators

- Potential toxicity comparison unit for humans - non-carcinogenic effect (HTP-nc)
- Potential toxicity comparison unit for humans - carcinogenic effect (HTP-c)
- Potential human exposure effect for U235 (IRP)
- Potential incidence of disease due to particulate matter emissions (PM)
- Potential soil quality index (SQP)
- Potential toxicity comparison unit for ecosystems (ETP-fw)

Conclusions

Although complete information on all indicators is not available for all available construction materials, it is clear that we are already able to identify in construction the environmental impact indicators that contribute significantly to the current exceedance of the thresholds of the ecological stress limits of our planet.

All those involved in the construction industry are therefore called upon to consistently use existing methods, such as life cycle assessment, in all areas of the construction industry in order to identify and implement the levers and necessary measures to stabilize and maintain the functioning of the earth system.

Existing certification systems, such as the Assessment System for Sustainable Building (BNB) for public construction projects and the DGNB certification system for non-public construction projects, offer valuable approaches to demonstrably make a significant contribution to preserving biodiversity, stabilizing our climate, freshwater and land use, minimizing the input of nitrogen and phosphorus as well as artificially produced substances and limiting the progressive pollution of our environment and exploitation of resources.

References

- 1 <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>, accessed 29.10.2023
- 2 <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>, accessed 29.10.2023
- 3 <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>, accessed 29.10.2023

- 4 <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>, accessed 29.10.2023
- 5 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, accessed 29.10.2023
- 6 <http://globalabc.org/sites/default/files/2020-09/2017%20GlobalABC%20GSR%20.pdf>, accessed 29.10.2023
- 7 <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/reduzierung-des-flaechenverbrauchs>, accessed 29.10.2023
- 8 Diana Mincyte, Gabriela Kütting, David L. Goldblatt & Thomas Princen (2007) Thomas Princen, *The Logic of Sufficiency*, Sustainability: Science, Practice and Policy, 3:1, 79-86, DOI: 10.1080/15487733.2007.11907995
- 9 <https://www.zsk.tum.de/zsk/startseite/>, accessed 29.10.2023
- 10 <https://www.lss.ls.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/>, accessed 29.10.2023
- 11 <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>, accessed 29.10.2023
- 12 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751>, accessed 29.10.2023
- 13 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/10/104003>, accessed 29.10.2023
- 14 <https://www.bmz.de/de/agenda-2030/sdg-6>, accessed 29.10.2023
- 15 <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/wastewater-treatment/>, accessed 29.10.2023
- 16 According to codes ISO 14040 und 14044 the life cycle assessment is conducted in 4 phases: 1) goal and scope 2) inventory analysis, 3) impact assessment, 4) interpretation. Further information: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/fachbeitraege/bauen/baustoffe-bauprodukte/oekobilanzierung/01-start.html>, accessed 29.10.2023
- 17 <https://www.baunormenlexikon.de/norm/din-en-15804/745a38a4-9230-4d26-ac69-708057a5ea7c>, accessed 29.10.2023
- 18 https://oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c8835af8-44d2-47df-a833-8e823e6ee5cd&version=00.01.000&stock=OBD_2023_I&lang=de, accessed 29.10.2023
- 19 DIN EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“
- 20 <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de>, accessed 31.10.2023
- 21 <https://www.dgnb.de/de>, accessed 31.10.2023
- 22 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617322114>, accessed 4.11.2023
- 23 https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/2023_Impulspapier_Klimavertraeglich_Bauen_mit_einem_Schattenpreis_fuer_CO2_Emissionen.pdf, accessed 4.11.2023

Discussion

Comments of Peter Wilderer: How do proposals such as "Sponge City" fit into the concept of sustainable urban planning and urban infrastructure?

Could the implementation of such proposals be categorized as the equivalent of biotic self-regulation?

Answer from Werner Lang: In view of the increasing frequency of heavy rainfall events, the aim of the sponge city concept is to help ensure that rainwater can be temporarily stored and infiltrated with a time delay. In this way, the risk of flooding is to be reduced and the groundwater level stabilized. Key measures to achieve these goals include unsealing surfaces and increasing the proportion of green spaces in cities, which, in addition to providing ecosystem services such as shading and evaporative

cooling through plants, leads to an increase in biodiversity. The effective interplay of green and blue infrastructure in the city creates spatially limited, largely self-regulating biotic systems that make a very valuable contribution to the implementation of sustainable cities, both in socio-cultural and ecological terms.

Sustainable management of rainwater runoff in sealed areas

Humans significantly impact the earth's natural habitat due to their habit of living sheltered in houses and apartments. Through the construction of housing and the associated infrastructure, such as roads, squares, etc., more and more natural areas are being sealed with impermeable materials such as asphalt, concrete, or bricks. This is associated with a disturbance of the local natural water balance, which consists of evaporation, infiltration, and runoff of natural rain. Evaporation and infiltration are the most important factors in most areas. For evaporation, it is essential that rainwater is temporarily stored in soils and plants and then evaporated or evapotranspired, as it happens naturally.

Prof. Dr. Brigitte Helmreich
Urban Water Science,
Technology & Management
Infiltration of precipitation
Active member of DWA
specialist groups

However, due to the growing population and demographic changes, the need for more living space is increasing, particularly in large cities and megacities, and with it, the pressure to increase or densify the already often cramped urban space to meet social challenges. For a long time, sustainability was not a priority. Until now, the focus in planning neighborhoods has been on living space. Architectural competitions have only addressed the issue of rainwater management in a very rudimentary way. In the future, it will therefore be important that all stakeholders from the fields of architecture, open space planning, landscape architecture, and urban water management work with the authorities and the people affected to develop a sustainable solution from the outset.

With the realization that climate change is already shaping our lives now and, in the future, a rethink towards sustainability is slowly taking place. However, despite the beginning of this rethink, implementing sustainable development will still take some time, mainly because old structures have to be broken up and changed. It may be too late to avert human and monetary damage.

The consequences of climate change are heavy rainfall, prolonged periods of rain, and drought. In densely built-up and sealed urban areas, rainwater can no longer be stored and infiltrated due to the sealing of natural surfaces with traffic areas and roofs, and there need to be more plants that promote evapotranspiration. In the event of heavy rainfall or prolonged rainfall, the sewer system cannot absorb all the rainwater runoff. Flooding occurs and the amount of damage increases. The prevention of infiltration also interrupts natural groundwater recharge and thus jeopardizes the drinking water supply. However, if it rains too little, i.e., if there are droughts, the lack of vegetation in heavily sealed urban areas means there is no possibility of air conditioning through evaporative cooling. As there are often few or no trees, sealed surfaces such as asphalt roads also heat up due to the unhindered solar radiation, hurting the urban climate. Dense development can lead to urban heat islands, especially without fresh air corridors.

Economic considerations often drive building projects. Housing should be affordable and investors want the highest possible profit margin. In the future, this must not be the driver of housing construction; the pure profit motive must take a back seat.

Proposals for achieving sustainable resilience in technical solutions.

From a water management perspective, ecology, economic, and social challenges can be brought together by planning and implementing water-conscious residential development. It has been shown that the targeted introduction of elements of the water-conscious city, such as green roofs, façade greening, above-ground infiltration systems, wet biotopes, rainwater storage and utilization systems, water-permeable surface coverings, and multifunctional areas can make an essential contribution to maintaining the natural water balance, despite the increase in living space.

Green roofs instead of conventional gravel flat roofs or tiled roofs, for example, can significantly reduce rainwater runoff despite the area remaining the same. For example, replacing an existing gravel flat roof with a green roof can help to restore the natural water balance. Remaining precipitation runoff can be stored and used for irrigation in dry periods or seeped away in a targeted manner. Foresighted water balance modeling and adapting buildings to the natural water balance on-site play an important role here.

Façade greening not only helps to increase evaporation and thus urban air conditioning, it also helps to shade buildings and thus reduce energy costs for air conditioning.

Multifunctional areas primarily function as parks, sports grounds, playgrounds, etc. In the event of heavy rainfall, they can take on the function of storage when the drainage system floods and thus protect the settlement from damage.

Synergies can arise between establishing planting in the settlement and managing rainwater runoff from sealed surfaces. For example, infiltration swales can now be planted with grasses, perennials, shrubs, and woody plants, including trees [DWA-A 138-1, 2023]. This was not the case in former times, when infiltration swales were just planted with grass seeds. Establishing biodiverse planting is now possible through cooperation with people working in green and urban planning, as well as through scientific studies. This increases the acceptance of the infiltration systems in densely populated areas and means no more land is "wasted". The biodiverse planting pattern contributes to the well-being of people in the settlement, increases evaporative cooling and insect diversity can also be increased. Nevertheless, the main task of the infiltration swales remains the drainage function and, thus, groundwater recharge.

Trees play an essential role in maintaining the local water balance in the settlement [Berland et al., 2017], but space for species-appropriate planting pits is limited in dense development. They are often built into a sealed surface and have an insufficient water supply. Under certain circumstances, the irrigation is still sufficient for a young, 10-year-old tree. As it develops over the years, the root area increases and needs more water. However, the optimal evaporation performance of the tree can only be guaranteed if sufficient water is available [Franceschi et al. 2023]. The targeted use of rainwater runoff from sealed surfaces can ensure optimal irrigation in the long term. In this context, the pollutants from such runoff must be removed beforehand to protect the tree and not endanger the groundwater into which unused water can seep. Therefore, interdisciplinary thinking is also required here.

The bottom line is that sustainable rainwater management can contribute to reconciling ecology, economy, and social challenges. In this context, all those involved in urban development planning must pull together from the outset. The initial question of whether biotic self-regulation can be considered a model for anthropogenic systems is indeed associated with a "yes, but". With every intervention that humans make here, based on the best of their knowledge and conscience, they intervene in nature again and change it once more.

References

Berland, Adam; Shiflett, Sheri A.; Shuster, William D.; Garmestani, Ahjond S.; Goddard, Haynes C.; Herrmann, Dustin L.; Hopton, Matthew E. (2017): The role of trees in urban stormwater management. In *Landscape and Urban Planning* 162, pp. 167-177. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.02.017

Franceschi, Eleonora; Moser-Reischl, Astrid; Honold, Martin; Rahman, Mohammad Asrafur; Pretzsch, Hans; Pauleit, Stephan; Rötzer, Thomas (2023): Urban environment, drought events and climate change strongly affect the growth of common urban tree species in a temperate city. In *Urban Forestry & Urban Greening* 88. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.128083.

DWA-A 138-1: Stormwater infiltration systems - Part 1: Planning, construction and operation. German Association for Water, Wastewater and Waste: Hennef, draft 2023

Discussion

Comments of Peter Wilderer: In her contribution, Brigitte Helmreich reminds us of the importance of sustainable rainwater management in the municipal environment. The climatic changes to which we are currently exposed require a departure from the method of dealing with rainwater in urban and settlement planning that has been practiced for decades.

Until now, the motto has been to collect rainwater in residential areas alone or mixed with municipal wastewater and, at best, to discharge it into a nearby watercourse after treatment.

In unpopulated areas, the water seeps away naturally and helps to stabilize the groundwater table. Extensive pumping of groundwater in the settlement area and in the adjoining agricultural areas inevitably leads to deficiency situations. Direct infiltration of rainwater within settlements could help to avoid or at least reduce such deficiency situations. The only problem is that the water running off roof surfaces and roads is contaminated with a variety of pollutants. If they are not removed before infiltration, these pollutants will accumulate in the soil and in the sediment layers below. This would result in so-called contaminated sites, which is incompatible with the maxim of sustainability. Research, development and persuasion are needed to find sustainable solutions. This closes the circle that leads to holistic anthropogenic approaches to regulation.

Thoughts and proposals for a rules-based and sustainable agriculture

Consequences of technical interventions in natural resources

Early quantification of the external effects of land management on water, soil, climate and biodiversity is essential in order to assess the consequences of agricultural production processes. The impacts on water resources in terms of quantity and quality require special attention. Equally important is the protection of soil from erosion caused by heavy rainfall events and wind drifts as a result of climate change.

The establishment of the "Munich Agroecosystems Research Network" (FAM) was an important step for me and my department towards a comprehensive approach to land management. This was carried out by a large number of chairs and institutes of the TU Munich-Weihenstephan Campus and the GSF Neuherberg Campus over 12 years on the land of the Scheuern monastery estate. The results were published in 2005 in the book "Agriculture and the environment - a field of tension".

In the chronological sequence, the concerns of climate protection increasingly came to the fore. In this context, I had the opportunity to work on a project with a well-known climate researcher. The project was about reducing the climate impact caused by cattle. The client was a pharmaceutical company that was able to produce hormones, e.g. insulin, using genetic engineering. Another hormone, bovine somatotropin (bST), was able to increase the performance of dairy cows by around 10 %. In an initial approach, this would make it possible to reduce the number of dairy cows by 10 %. This would also be associated with a considerable reduction in methane emissions. Apart from the ethical concerns of regularly injecting animals with hormones, a comprehensive analysis showed that the expected savings would not be achieved. Ultimately, unlike in the USA, this hormone was not approved in the EU.

More recently, we have been dealing with another challenge at the Chair, namely the preservation and promotion of biodiversity. Over the past 70 years, plots of land in Germany have been enlarged to enable sensible cultivation with machinery. The state has promoted "land consolidation". In addition, farms became more specialized. As a result, structural elements (hedges and copses) have disappeared, fields have been significantly enlarged and more of some crops (e.g. maize) have been cultivated. All of this is at the expense of biodiversity. It also increases the risk of erosion. The challenge now is to focus on protecting natural resources and the climate at the same time.

We must recognize that the protection of resources is multifunctional. That is the current challenge. In this context, it should be pointed out that agriculture plays a threefold role, namely as a polluter, as an affected party and as a protector, e.g. through increased carbon storage. Once again, it is a question of resolving conflicting objectives in terms of sustainable development, i.e. a compromise between ecology, economy and social issues.

How land is currently managed in practice cannot be described as sustainable. This was also the conclusion reached three years ago by a "Future Commission on Agriculture" set up by the then German Chancellor Angelika Merkel. The interdisciplinary commission voted unanimously in favor of increasing the resilience of agriculture.

The two main points of criticism that were highlighted and justified during the Commission's deliberations relate to the EU's funding policy and the external costs caused by agriculture. The expansion of organic farming called for by some groups cannot be seen as a comprehensive solution, even though organic farming has clear advantages in terms of resource conservation. However, this is offset by lower yields and higher costs. The aim must be to make conventional agriculture more resource-efficient so that ultimately significantly fewer external costs are incurred.

Dr. Dr. h.c. Alois Heissenhuber
Prof. em. of TUM School of
Life Sciences at Weihenstephan
Chair of Agricultural Economics
Particularly focused on sustainable
development of rural areas;
policy impact assessment and more

Significant improvements must also be achieved in the area of animal welfare. Success in this endeavor will also result in higher food prices. Consumer demand will also have to change.

The EU's subsidy policy will continue to play an important role in the future. The current approach of a single area payment linked to environmental requirements has been described as inefficient in scientific circles for many years. In 2018, the ECA found that the then pending reform of the Common Agricultural Policy (CAP) did not meet its own objectives. Nevertheless, a fundamental reform was not carried out again. The next reform is due in 2027.

I can fully endorse the ZKL's recommendations on the 2027 CAP reform, which read: "*In particular, the Common Agricultural Policy (CAP) must therefore make a significant contribution to managing the transition to a sustainable food system in the EU and to enabling farmers to make their indispensable contribution to achieving climate protection, animal welfare, soil protection, air and water pollution control and biodiversity targets and to comprehensively protecting the environment. This requires that the current area-based direct payments from the first pillar of the CAP are gradually and completely converted over the next two funding periods into payments that make concrete services in line with social objectives economically attractive*". These recommendations also fit well with the Green Deal adopted by the EU.

A second approach is to avoid the external costs arising from agriculture, as the elimination of negative externalities costs much more money than the avoidance of negative externalities. A common demand in environmental economics is that negative externalities must be internalized. The instruments available for this are based on the polluter-pays principle, i.e. polluters are required to comply with a certain level of resource protection. The market mechanism then ensures that the polluters seek the most cost-effective way by using the technical possibilities. Ultimately, the additional costs are passed on to the price. There are limits to this approach if, with open borders, products that are not burdened with these costs come onto the market or if it is considered that the higher costs cannot be imposed on the population in the form of higher prices. In this context, state payments could be granted for the avoidance of environmental pollution. A correspondingly reformed CAP would provide for payments for services that go beyond the legally stipulated level; in simple terms, these would be payments for services of general interest. The public service principle would apply here.

Progress of Regulation in Modern Agriculture

As the world's population has grown, more and more natural resources were extracted from nature to produce and supply food. Humans began using tools and energy at an early stage. Their use made it easier to work economically thanks to more advanced manual skills and at the same time produced higher and more stable yields.

The use of fossil energies and industrialized production of machinery and equipment led to an enormous increase in productivity in arable farming, while comparable changes in livestock farming took place much later and in much smaller steps.

Almost simultaneously, chemical products in the form of mineral fertilizers and pesticides and advances in breeding enabled previously unimaginable increases in crop yields. Economically, however, increasing costs led to greater specialization, with a reduction in the diversity of machinery and a restriction to fewer crops on the farm.

Also, the additional use of electronics, sensors and automation did little to change this situation. On the contrary, as investment costs continued to rise, they caused even greater concentration in field management with a reduction in crop diversity and monocultures due to increasingly restricted crop rotations.

On the other hand, electronically controlled technologies for feeding livestock opened up the first individualized supply systems. For the first time, animals were able to decide on their own feed intake according to their needs, just as in nature.

Yield and nature - a contradiction?

From this development, which is only briefly summarized, the impression could arise that the farmer, in accordance with his task, had always oriented all measures to food supply (and profit) without regard to nature. However, this would put his actions in a false light.

It has always been an objective of all measures on the farm to maintain soil fertility in order to achieve reliable harvests in subsequent years and to provide the land in an orderly condition for future generations. And it was also a matter of course, despite many structural restrictions in animal husbandry, not to inflict suffering on the farm animals. In a compromise between animal protection from the rigors of the weather and especially the locally very cold winters with snow and frost, the daily supply had to be ensured around the year. Thus, the so-called tied-up stall for dairy cows has to be seen as a "milking barn" to realize the daily milking as an object of animal husbandry under tolerable working conditions, seasonally independent without additional effort.

At the same time, innovations and further developments were incorporated and implemented whenever operational conditions permitted. This is illustrated by two selected examples of revolutionary techniques in livestock farming and field cultivation.

Tied-up stalls become loose housing systems

With the development of the cubicle barn in the mid-20th century, the cow was given back its first, but still limited, freedom of movement within the enclosed barn. In addition, with the cubicle, the individual animal was given an individual space to accommodate its undisturbed need for rest and ruminating, as under conditions in the wild.

At the same time, the development of milking parlors made work easier for the farmer in a way that was previously unimaginable. Now, in an upright position, the twice-daily milking work required could be carried out 365 days a year. At the same time, in addition to visual animal monitoring, it was also

Dr. Hermann Auernhammer
TUM Prof. emeritus
Ag Systems Technology
Precision Agriculture
Fellow of CIGR, Club of Bologna

possible to monitor performance based on the milk yield. Based on the latter, it was also possible to add the individual performance-related amount of concentrate to the cow's intake during the milking process [1, 2].

Regulating instead of battling

Since the beginning of land cultivation 12,000 years ago, the farmer has had to ensure that his crops thrive in the face of natural competition (Thorns also and thistles shall it bring forth to thee, ... , Genesis 3:18). Sowing seeds thus initiated a continuous effort to secure yields, or in other words: the farmer was forced into a permanent battle against nature and biodiversity.

Here, the definition of the "damage threshold principle" in 1957 heralded the first serious paradigm shift. Only if the expected damage due to yield reduction is greater than the effort required for plant protection measures, then control is necessary and sensible. For the first time, economic considerations and decisions led to a tolerated coexistence of crop and competitor plants [3].

However, as soon as the damage threshold was exceeded, competitor plants could then be removed manually or mechanically using a hoeing machine. In the case of fungal or insect infestation, on the other hand, the now available chemical plant protection agents with selective effects and precise application technology had to take over the regulation with fungicidal and/or insecticidal impact. As soon as selective herbicides became available, chemical pesticides could also be used to control competing plants, making comprehensive plant protection possible in purely economic terms with just one mechanization technique. This eliminated the previous labor and energy expenditure for mechanical hoeing measures. By dispensing with repeated soil opening, water and wind erosion were also eliminated and the resulting humus depletion reduced.

Precision Livestock Farming

Despite possible freedom of movement for the dairy cows in the cubicle housing system, the animal still had to subordinate itself to the daily rhythm for feeding and milking set by humans. This is changing with the development and introduction of electronic systems.

In the first approach, concentrated feed retrieval technology was developed and introduced. According to the performance, each cow now received the amount of concentrate due to her in several portions per day via an individual RFID recognition [4] in the concentrate feed dispenser. This made it possible to avoid possible rumen acidification, while at the same time allowing the cow to decide when to consume the concentrate. The fact that the amount of concentrate not consumed indicated animal health, among other things, was a valuable additional effect of this technology.

In a further step, the required amount of concentrate was then linked to milk yield and animal weight and an initial electronically controlled regulation system was set up. If the body weight changes about milk yield, the required amount of concentrate must be adjusted and/or health monitoring must be initiated while the basic feed quality remains the same [5, 6]. By 1985, the foundations for precision livestock farming had already been laid (Fig. 1).

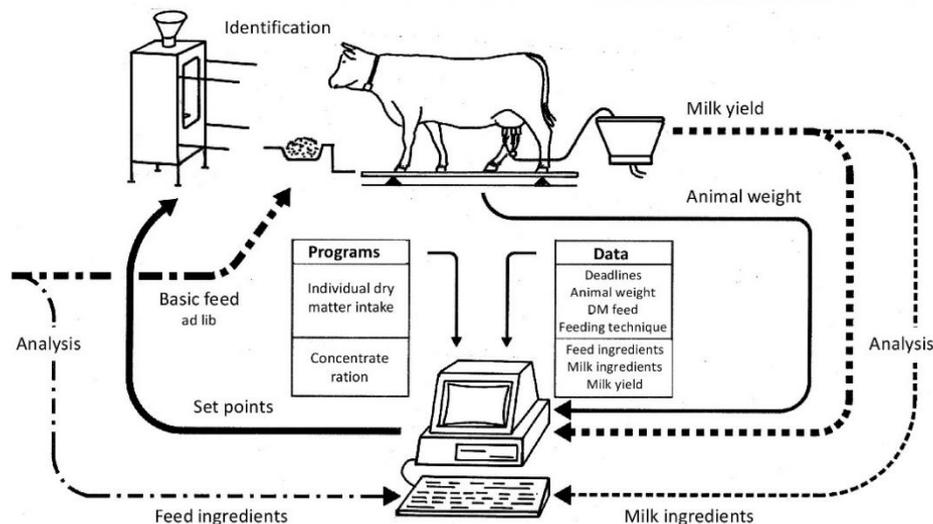


Fig. 1: Electronic control loop in precision livestock farming
<https://mediatum.ub.tum.de/?id=1728215>

The amount of concentrated feed was linked to milk yield and animal weight and an initial electronically controlled regulation system was set up. If the body weight changes with regard to milk yield, the required amount of concentrate must be adjusted and/or health monitoring initiated while the basic feed quality remains the same [5, 6]. As early as 1985, the development of robotic milking technology meant that the cow was also able to decide on her own milk yield, thus guaranteeing individual animal behavior, as with the natural suckling process by the calves [7].

The fact that all these technologies are generating ever more and ever more precise animal-specific data opens up a wide range of new possibilities for individualized nutrient supply and health monitoring. Socially, it relieves the farmer of his previous manual routine work with new possibilities in the social environment of the family and society.

Precision Farming

Comparable to dairy farming with the yield milk output, in arable farming the yield of the cultivated crops and thus the N-fertilization as a yield generator is the most important target value of the management. It is understandable, therefore, that deficiencies visible in the growth were considered by an increased amount of nitrogen, in order to ultimately ensure a homogeneous high yield on a field plot.

Because in the manual-mechanical system a field plot represented a treatment unit, a uniform application was carried out there on the basis of the subplots with the lowest yield contained therein. In most cases, this led to overfertilization. Here also, electronics made it possible for the first time to use advanced distribution technology for fertilizers and crop protection products that were more closely adapted to natural conditions. With "plus/minus switching", it was now possible to react locally to the "greening of the plants" detected by the driver's eye [8]. If the plants were too light, the dosage was increased, if they were too dark, the dosage was reduced. In purely economic terms, it was thus possible to reduce the use of resources, while the continued pursuit of a homogeneously high yield did not yet reduce the environmental impact. However, this also allowed the ecological component to be taken into account if the driver knew from the experience of previous harvests that lower yields were always achieved in less fertile parts of the field despite high fertilization and that fertilization would therefore only cause costs and environmental pollution.

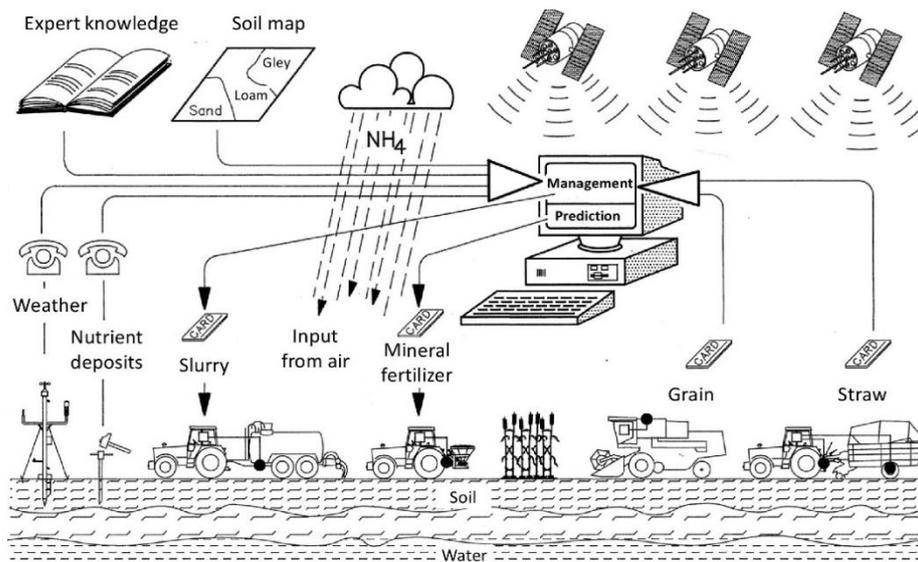


Fig. the

2: Electronics in

"Environmentally oriented fertilization" control loop (<https://mediatum.ub.tum.de/?id=1728216>)

And in comparison, to dairy farming, local yield determination in the combine harvester [9] provided a further building block for an ecologically oriented control loop (Fig. 2). GPS provided the location of the machine every second, while an installed yield sensor recorded the crop flow [10]. From this data, local yield maps were created for the first time, which documented the variability within parcels of land with regard to local conditions [11, 12].

In addition, near-infrared spectroscopy (NIR) was able to record the "greenness" of the plant population online during fertilization [13], which resulted in a completely new fertilization strategy in the "map overlay system" with the required application quantities derived from fertilization trials with the growth conditions recorded on site and the historical yield data [14,15, 16]. With further refined algorithms, it became possible to pursue strategies related to the individual field section in order to reduce oversupply from the past and ultimately to dose the amount of fertilizer applied in such a way that it was almost completely reflected in the resulting yield.

Ultimately, however, this yield and environment-oriented system could only be implemented because standardization of electronic communication between farm management, tractor and implement was created by Germany and some neighboring countries as early as the mid-1980s [17, 18, 19]. This globally accepted ISO standard made it possible to implement the now possible, environmentally-oriented crop management with machines from different manufacturers according to the wishes and preferences of the individual farmer. And this standard also enables the integration of additional sensors and other information, such as from satellite monitoring, refined soil analysis technologies and weather data, without any major problems.

Refined plant protection methods have also been developed based on similar approaches. There, in addition to the greenness of the plant population, great emphasis is now placed on individual plant recognition [20]. This could enable a local restriction of pesticide applications, which, based on the damage threshold principle, would result in a previously unimaginable plant diversity in the field without having to accept a significant reduction in yield. Satellite data and, above all, information from the use of drones for crop monitoring will also result in further environmentally friendly enhancements and improvements.

And finally, these technically and electronically advanced systems will lead to specific field robots [21]. In initial approaches, these will focus on the elimination of herbicides and attempt to enable largely undisturbed crop growth using traditional hoeing technology without manual assistance. The extent to

which drones can be used to generate supplements or other systems is currently an open question. The same applies to initial approaches to autonomous field management.

Technology and data in tomorrow's land use

Through their development to date, both examples demonstrate the same systematic approaches to greater animal welfare with greater freedom for individual animals on the one hand, and to less environmentally damaging arable farming through the use of site-specific crop management through to individual plant management on the other. Both are based on new or adapted sensors that are integrated into the advanced systems through the use of electronics.

Precision livestock farming and precision farming are thus developing into technically driven types of land use which, despite the continued need for yield generation and yield security, are increasingly able to take nature and the environment into account and integrate them.

More and more precise data is becoming available, which enables economic, ecological and social added value through advanced algorithms. Artificial intelligence can be expected to make a further important contribution to ensuring that various cultural concerns, such as keeping the landscape open or a change in eating habits, are also taken into account.

Looking even further ahead, the technology will be capable to provide a complete shift away from current land use. Plant cultivation could then be realized in vertical farming systems with a permanently high energy supply under completely controlled conditions. With an exclusively vegan diet, there would also be no need for livestock farming in its current form. Ruminants will then have to keep the landscape open and urbanized society will have to find a broadly accepted way to maintain their position in the food chain.

References

1. Bigalow, J. P., 1953. A Barn Of The Future At Work Today. Hoard's Dairyman, Vol 98, Iss 16, 698-701.
2. Eichhorn, H., 1965. Arbeitswirtschaft, Technik und Gebäude bei der Planung neuer Stallformen für Milchvieh (<https://mediatum.ub.tum.de/?id=992679>).
3. Stern, V. M., Smith, R. F., Bosch van den, R., Hagen, K. S., 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Pt. I. The integrated control concept. *Hitgardia* 29:81-101.
4. Artmann, R., 1976. Ein Identifikationssystem für freilaufende Milchkühe. Vortrag: VDI-Tagung München, 28./29.10.1976.
5. Auernhammer, H., Pirkelmann, H., Wendl, G. (Hrsg.), 1985. Prozeßsteuerung in der Tierhaltung - Erfahrungen mit der Milchmengenerfassung, Tiergewichtsermittlung und Bereitstellung von Managementdaten. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Heft 2, Weihenstephan.
6. Wenner, H.-L., Zeeb, K., Pirkelmann, H., Schön, H., Boxberger, J., Kirchgeßner, M., Auernhammer, H., et al., 1987. Bericht über das Symposium zum Abschluß des Sonderforschungsbereiches 141 Produktionstechniken der Rinderhaltung. Sonderdruck Bayer. Landwirtschaftliches Jahrbuch 1987 64 4, Hrsg. Wenner, H.-L., München-Wolfratshausen: Verlag Hellmut Neureuter, 64, H. 4, 132 S.
7. Rossing, W., Hogewerf, PH, 1997. State of the art of automatic milking systems. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol 17, Iss 1, 1-17, ISSN: 0168-1699.
8. Matthies, H. J., Meier, F. (Hrsg.), 1988. Jahrbuch Agrartechnik, Bd. 1, S. 63 und S. 73, <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00056929>.
9. Schueller, J. K., Bae, Y. H., Borgelt, S. C., Searcy, S. W., Stout, B. A., 1987. Determination of spatially variability yield maps. ASAE St. Joseph, Paper No. 87 15 33.

10. Vansichen, R., De Baerdemaeker, J., 1992. Signal processing and system dynamics for continuous yield measurement on a combine. Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering, Uppsala, Paper № 92-0601.
11. Auernhammer, H., Demmel, M., Muhr, T., Rottmeier, J., Perger von, P., 2015. Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serien-Mähdreschern 1990. In: Jahrbuch Agrartechnik 2015 (Hrsg. Frerichs, L.). Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016, S. 214-224 (<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055137>).
12. Auernhammer, H., Demmel, M., Rottmeier, J., et al., 2020. Local Yield Mapping at TUM-Weihenstephan 1990 to 2000. <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1544121>, doi:10.14459/2020mp1544121.
13. Reusch, S., 1997. Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation Universität Kiel: Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, MEG-Schrift 303.
14. Auernhammer, H., Demmel, M., Maidl, F.X., Schmidhalter, U., Schneider, T., Wagner, P., 1999. An on-farm communication system for precision farming with nitrogen real-time application. ASAE St. Joseph, Paper No. 99 11 50.
15. Maidl, F.-X., Huber, G., Schächtl, J., 2004. Strategies for Site Specific Nitrogen Fertilization in Winter Wheat. 7th Int. Conf. Prec. Agriculture, pp. 1938-1948.
16. McBratney, A. B., Whelan, B. M., 1999. The null hypothesis of precision agriculture, pp. 947–956. In: J. V. Stafford (ed.), 2nd European Conference on Precision Agriculture. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK.
17. DIN 9684/2-5, 1997. Landmaschinen und Traktoren - Schnittstellen zur Signalübertragung. Beuth Verlag, Berlin.
18. International Organization for Standardization, 2009. ISO 11783 Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network, Parts 1–14, Geneva, Switzerland.
19. Oksanen, T., Auernhammer, H., 2021. ISOBUS - The Open Hard-Wired Network Standard for Tractor-Implement Communication, 1987-2020. ASABE: Distinguished Lecture No 42, St. Josef, MI (USA), doi: 10.13031/913C0121.
20. Herrmann, D., Dillschneider, E.-M., Niemann, J.-U., Tomforde, M., Wegener, J. K., 2021. Innovationen in der Pflanzenschutztechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik, Bd. 33, S. 1-13.
21. Noguchi, N., Ishii, K., Terao, H., 1997. Development of an agricultural mobile robot using a geomagnetic direction sensor and image sensors. J. Agric. Eng. Res. 67, 1-15.

From Homo destructor to Homo constructor

Review of a book by Werner Bätzing

In 2023, the C. H. Beck publishing house published a book in which Werner Bätzing explains with profound expertise that the destruction of the environment already began with the appearance of Homo sapiens, albeit on a limited scale. Werner Bätzing is an expert on issues relating to the Alpine region and rural life who is not only known to geographers. With his 463-page, almost encyclopedic Magnum Opus, he has created a work that is a "must" to read and to internalize for responsible and environmentally conscious

Prof. Dr.-Ing Holger Magel
 Chair of Land Management in
 Urban and Rural Areas (retired)
 TUM Senior Excellence Faculty
 Honorary President of the
 International Federation of
 Surveyors

representatives from governments, businesses, science, administration, planning offices and NGOs. Not because Bätzing finally proclaims the truth about the right way to deal with or heal the disturbed human-environment relationship, but because he offers two important aspects: on the one hand, an almost infinite and often new background and contextual knowledge about the historical arc from the origin of mankind to the present day across many epochs. He also conveys many very individual or even idiosyncratic explanations and opinions that are sure to provoke contradiction. However, contradiction is only useful once you have understood Bätzing's excellent explanations. Bätzing's argumentation always reveals his comprehensive education and training in philosophy, didactics, science, theology, craftsmanship and literature.

When you approach this enormous book, you are first of all surprised at the courage the author has shown in summarizing the history from the origin of mankind to the present day. In addition, methodical preliminary considerations are recorded in 9 chapters in great detail, didactically excellent, and peppered with many cross-references, e.g. to Jan Assmann's *Axis Times*. One learns a great deal and would wish almost every teacher to use this book in the classroom. But what should be of particular interest to readers of this book is his stance on the enormous environmental and climate change and the proposals he develops from this in chapter 10. He clears up with the common prescriptions of the end-of-pipe policy, as well as opposing the popular idea that it is enough to set aside a certain percentage of land for nature conservation. Why not? Because this would only increase the harmful intensification pressure on the remaining areas.

We cannot go back to the more stable and environmentally friendly hunter-gatherer or egalitarian farming societies, but we should adopt or take to heart the basic survival principles from these eras: Community instead of individuality, which was too strongly promoted by the Enlightenment, communal values and guiding principles of moderation and an active shaping (not adaptation) of nature influenced by this provided these eras and those that followed, right up to industrial society, with a certain degree of stability. The break only came with the globally borderless and unchanged growth-oriented service society, which is therefore also particularly harmful to the environment. Bätzing's comments: "*It is up to the humanity itself! by assuming that the entire world is at his immediate disposal and that he can perfect all his possibilities to infinity, he becomes a homo destructor and turns his vibrant, diverse and attractive living environment into a purely functional, sterile and hostile world that simultaneously destroys all the natural foundations of its existence.*"

As a member of the post-war generation, I am very concerned that environmental destruction became particularly excessive from the 1950s onwards, i.e. that our current prosperity was bought at a high price from this time onwards.

Can we go on like this, the reader asks himself after reading this book? Probably not, because Bätzing goes even further by risking the reproach of Cassandra: "*Humanity is conducting a gigantic real-life experiment with the entire Earth, the outcome of which is completely uncertain and in which there is no responsible experimenter who will stop the experiment if it becomes problematic.*" As we have painfully witnessed for years, the United Nations is too weak to take corrective action. Bätzing even suspects that, given this vabanque game, a large part of the earth will probably be uninhabitable for humans within the next 30 years.

The senior citizens of the post-war generation, especially the baby boomers, and the younger generation (probably including the Friday for Future movement, or the climate activists) must now join forces to save what can be saved. What sociologist Heinz Bude says in his new book "*Farewell to the Boomers*" fits in with this: "*In the end, the boomers have had it good so far. They have made good use of the transition from the industrial modernity of the economic miracle to the consumer and self-*

fulfillment society, albeit at the outrageous price of a huge consumption of nature. In doing so, it has also curtailed the future for children and grandchildren, creating a situation in which envy of the past can take hold instead of hope for the future. The boomers still have something to work off and make up for".

Bätzing does not believe in a slow transformation or sudden revolution, nor does he believe in patent remedies, technocratic solutions or even eco-romanticism. He refers to great thinkers such as Darwin, Marx and Freud and opposes too much rational thinking instead of accepting that mankind is a being whose needs go far beyond rational and "reasonable" objectives. He focuses on activity rather than adaptation, on the individual case and not on generally applicable principles, on the right measure as the guiding principle of self-limitation and on the ecological reproduction of cultural landscapes practiced in rural societies.

In summary, Bätzing makes some practical suggestions that are already familiar to land development experts in the book "Das Landleben" ("Life in the Countryside"), some of which appear to be feasible only to a limited extent.

Conclusion: The book triggers an intellectual (because it is technically insightful) and moral (because everyone shares responsibility) appeal to the reader to think about how he or she can make a constructive, realizable contribution as a homo constructor and not as a homo destructor in citizen and responsibility communities in the individual village, urban renewal and land development processes!

References

Bätzing W. (2023) Homo Destructor. C.H.Beck Publishing House, Munich

Discussion

Questions by Peter Wilderer: Holger Magel's review begins by pointing out that mankind's destructive behavior is a tradition that is firmly rooted in Homo sapiens. Mankind's striving for power, greed for profit and self-centeredness were and are stronger than the religious and philosophical reminders to take responsibility for the whole. So where do we get the confidence to transform destructive into constructive action under today's constraints? Is the reason for our failure because we believed we could force changes in behavior with central regulation from above? Wouldn't it be worth turning the tables and countering the "top-down" with a "bottom-up" strategy? Holger Magel explicitly refers to the principle of subsidiarity in his review. This would mean limiting the power of governmental institutions and corporations and shifting responsibilities to the local level. What would have to happen for such a shift to be consensual?

Holger Magel's answer: The fact that centralized regulation from above does not work is something we have seen enough of, and not just in Germany. One example is the social distancing regulations that had to be implemented during the Covid pandemic, which led to determined resistance from some citizens due to a lack of understanding the reasons. The advocates of "green" grassroots democracy also had to realize that their suggestive claim: "We're ready, aren't you?" did not catch on. The electorate felt blindsided.

I also don't believe that religious or other normative values are of much use to the majority of our population, which has long since become secular. The god-kings quoted by Bätzing no longer exist. We can regret that, but we can no longer change it.

I agree more with the experts in village and rural areas, who know that it is only possible to achieve goals with the people and not against them. A viable consensus can only be found if the people themselves are actively involved in their personal and collective, e.g. village, future. The local population recognizes better than the central government what needs to be done in their environment without losing traditions and endangering the future of their children and grandchildren. In many cases, people lose their insecurity and fear of the future through this active, reflective examination of yesterday, today and tomorrow. They are aware of their circumstances!

Thus, it is not about "taking people with", as politicians wrongly like to say, but about activating and empowering people, about actively thinking for themselves and imagining the future to create guiding principles together. All this without coercion from above, but voluntarily. We call this "wanting to participate, letting people participate, being able to participate". It's about empowerment, enabling, and participation, i.e. this triad, which has been successfully practiced in Bavarian Village renewal projects for decades and is taught, learned and trained at least in three Bavarian rural training centers such as in Thierhaupten, Plankstetten and Klosterlangheim.

Is it any wonder that communities have become sustainable and climate-friendly model communities when they act across communities as part of integrated rural development? Examples of this in Bavaria include communities such as Wildpoldsried, Weyarn and the highly innovative Kirchanschöring, where citizens' councils have been established for the first time. There, a future has begun where the cultural self-limitation and finding the right balance called for by Bätzing are no longer foreign words. They have all long been self-sufficient in renewable energy, have laid modern fiber optic cables and have integrated sustainability and local supply into all processes of living, building and living together. However, this is only possible if we succeed in taking citizens seriously as active partners (and often also as experts) and not as subjects in need of help.

From this perspective, it is also clear that some experts and politicians who aim to limit land consumption quantitatively by law cannot succeed. Only a jointly established and discussed model process on the qualitative and quantitative handling of the limited resources of "land" and "soil" can lead to the goal. It has long been a truism that the more tangible and comprehensible the clearer they are, the better such processes of active citizens taking responsibility work. Hartmut Rosa would call this the village or regional resonance space.

The bottom-up principle, best suited to this, is of central importance for the much-cited transformation but does not exclude overarching guidelines and a regulatory framework. To act as a homo constructor for the hoped-for and necessary change in people's minds, top-down guidelines must not take the place of local decisions or stifle them. They should have a serving effect in the sense of subsidiary help for self-help, i.e. in the sense of a promise of state support, funding and advice (for example by rural service).

I fear that the fundamental importance of local civic responsibility and civil society for the Great Transformation is not sufficiently recognized in many areas of our lives in politics, business, science and administration. All too often it is a case of ruling from above. However, this is precisely the characteristic of authoritarian states and is unacceptable in our civil society, which is unfortunately once again at risk. Together with Alois Glück, I published two books on this subject 20 years ago: "Neue Wege in der Kommunalpolitik. A new civic and social culture for an active civil society" and,

together with Thomas Röbbke, "Neue Netze des bürgerschaftlichen Engagements. Strengthening families through voluntary initiatives". It is worth picking up these publications again and again if we want a transformation, a transformation with and not against the citizens!

From Domination to Co-Evolution - It is not technology that endangers the earth system but our handling of it!

Since the beginning of the 90s of the last centuries I have been intensively engaged in the research topic of Global Change which emerged at that time. This topic developed to explain and sustainably shape the observed "Great Acceleration" especially after World War II. Integrative, interdisciplinary research on Global Change includes the linkage of inter alia population growth, increasing resource use, climate change, and water scarcity as an expression of human impacts on the Earth system. Interdisciplinary and inclusive global research programs (e.g. Future Earth) followed. They produced e.g. the concepts of the Anthropocene, the "planetary boundaries", the SDGs and many others. For many years I was involved in research, research consulting, policy consulting and implementation of research results with stakeholders in leading positions in Germany and internationally (e.g. GLOWA-Danube project, chair of National Committee for Global Change Research (DFG+BMBF), chair of ESA-Earth Science Advisory Board, supervisory board UFZ, etc.). Besides my own research, I was able to contribute decisively to the launch of new research initiatives on the topic of "global change" for young scientists at BMBF, EU and ESA.

Prof. Dr. Wolfram Mauser
Ludwig-Maximilians-Universität
Fakultät für Geowissenschaften
Geographie und Fernerkundung
Fellow of AAAS, EASA

Since my retirement in 2021 and my move to industry, I have been a partner and chief scientist of the company VISTA GmbH, a 51% owner of BayWa, in Munich. VISTA successfully pursues its goal of reducing the environmental footprint of agriculture through digital information technologies locally to globally, thus contributing to sustainable agriculture.

Thoughts on the early assessment of the consequences of technical interventions in nature

Humans have been influencing their environment and thus the Earth system for thousands of years. Their first imprints, traces and evidence of time are fundamentally different from all that elephants, mammoths or iguanas have left us. They are tools, self-portraits, representations of food games, fire, and clan. They deal with the environment in a new way, testify to the attempt to master it, to the will to understand and shape it, and to cave walls as common self-reflection surfaces.

There is little evidence that we Anthropocene humans are any different from prehistoric humans. Thoughts on the early assessment of the consequences of technical interventions in nature and its self-regulation must therefore start first and foremost with man, his roots and his nature, and not with the nature he challenges.

What was demanded of man in terms of an attitude towards nature was rather manageable at the beginning of his development. Hunting and with it the understanding of the prey, the neighboring topography, the interaction of the hunters, was a precondition of survival. Here orientation, coordination, communication, and social bonding in small clans proved themselves; all things with

which man was generously endowed. It was also here that the first techniques emerged, which, out of an understanding of purpose and characteristics, changed and used what was already there in order to ensure survival more successfully. If the hunting grounds were empty, one moved on an Earth, which appeared to be boundless.

The invention of agriculture was based on the realization that one can live from cultivated plants. The decision to cultivate plants on a large scale had drastic consequences. It was to lead, after a few millennia, i.e. rapidly, to the technical use of almost all suitable land on Earth to produce direct and indirect food, thus greatly reducing biodiversity, releasing the carbon of agricultural soils into the atmosphere, and so on. The scale of this interference with nature and its lack of sustainability exceeds anything that has been thought of in the field of geoengineering today. On the other hand, almost all of us would not exist today without the introduction of agriculture, not to mention the further technological development that built on the cultural success of agriculture.

Were there conscious decisions in favor of agriculture at the beginning of the development, based on an early assessment of the consequences of technical interventions in nature? Probably not, but we do not know. I find it rather unlikely that at that time in Mesopotamia or in South America or in China a council of wise men and women sat together, sifted through the available knowledge on the pros and cons of the introduction of agriculture and then voted with a majority of, say, 10 to 2 for the introduction of agriculture, well informed about the possible consequences.

With their knowledge, could they have rejected the introduction of agriculture at that time? Hardly! Compared to the long-term consequences, the short-term advantages seemed far too tempting, especially for individuals among them: the reduction of hunger, the hardships of hunting with an increasing population and tribal feuds and wars over ever scarcer hunting grounds.

Should they, with their knowledge, have refused to enter agriculture at that time? Rather yes! The result would have been a very painful but not impossible limitation of the number of inhabitants and the occupation of Earth to a sustainable level, peace talks between the tribes and a very rich tradition of man as hunter-gatherer until today.

Why is this view of the introduction of agriculture disturbing in the context of an early assessment of the consequences of technical interventions in nature? One could justify it by saying, firstly, that they had no chance to see the consequences and, secondly, that there was no alternative to agriculture, because people had no other choice. Renunciation as an alternative to the appropriation of agricultural technology and trust in the self-regulation of nature was, however, just as conceivable and possible as it is sometimes demanded today. We can also confidently assume that there were already people then who, in order to maintain the status quo, were critical of the displacement of wildlife by agriculture, for example, in the sense of parts of today's biodiversity discourse, and who fought against the introduction of agriculture. Both justifications are thus questioned in my view. However, both lines of justification can be found in a similar form in the currently heated discourse on social transformation towards sustainability.

What if we know (as in the case of climate change and its consequences) and if alternatives exist (decarbonization of civilization); if we know the consequences of technical interventions in nature? Answers depend very much on the context of perception. What technical options may we take,

a) to save the world from the imminent collapse of the Earth system postulated by parts of science, triggered by man. The answer must definitely be: all that work! It is about our life and death!

b) to preserve the world as we (the living) know it (e.g. attempts of regional mitigation of climate change). The answer, in my view, should be: beware! This is not about our life and death! It is most likely about sectoral or geographic particular interests rather than the big picture.

In this discussion, the nature of the technical solution itself has been completely neglected so far. Nor does it seem to me to be the central problem. Technical impact assessments often exist well before the

technology itself is deployed, and it often turns out that someone who develops or plans a technology (atomic bomb, irrigation, internal combustion engine) also has a good, perhaps the best, understanding of its consequences. The Soviet agricultural engineers who planned the irrigation systems for cotton cultivation on the Sir-Darya in the early 20th century were well aware that in the long run, their operation would lead to the disappearance of the Aral Sea. Nevertheless, they were built! The nuclear physicists were well aware of the effect of released radioactivity on living organisms. Nevertheless, the atomic bomb was finally used! So, it is not so much the impact assessment that is lacking, but its evaluation and rigorous consideration in the respective decision.

The most comprehensive impact assessment of technical solutions is a necessary prerequisite for a responsible replacement of the self-regulation of natural systems in the Anthropocene. However, it is not yet a responsible replacement for the self-regulation of natural systems. Rather, I ask myself what meaning this postulated self-regulation of natural systems can still have in the Anthropocene with its nature largely molded by humans. The self-regulation of natural systems is only marginally responsible for man and his civilization, it regulates nature. If we solely trust in the self-regulation of natural systems for the survival of our civilization, we would have to revise decisions, e.g. for agriculture. This, however, seems impossible and senseless to us, since it would negate our civilization.

On the other hand, our civilization and its technologies are also based on the natural foundations that Earth provides. No technical system that I can think of will be able to maintain civilizations (e.g. our non-sustainable one) without interaction with nature, let alone against its self-regulating mechanisms over a longer period of time. The power fantasy of replacing nature's self-regulation with civilization in the Anthropocene is thus fraught with danger. We, in the Anthropocene, should not look for a replacement for the self-regulation of natural systems by technology, but for a responsible complement to it, in order to selfishly ensure the preservation of our civilization within the nature of the planet.

Suggestions on how to achieve sustainable resilience of technical solutions

In my view, proposals for achieving sustainable resilience of technical systems can best be achieved if they are understood and developed as a responsible complement to nature's self-regulation. In my further remarks, I therefore deliberately remain general, since sustainable resilience (of whatever) cannot be achieved by enumerating individual points. One antinomy seems central to me:

On the one hand, I believe we can confidently ascribe nature to a lack of interest in us and our civilization. Also, nature's self-regulation does not appear to be directed toward a purpose. In contrast, technology, as a result of civilizational activities, is usually deeply purpose-driven and, above all, usually driven by sectoral and/or geographical particular interests (money, power, conquest, defense, etc.).

Would a technical solution thus be sustainably resilient after it has been freed from all particular interests and serves a purpose that has been recognized by our world civilization as compatible with nature after careful consideration? It would thus be owned by mankind, free of intellectual property and patents, and its use accessible to all. It would serve the further development of the entire civilization and the protection of our bases of life within an intact nature of the planet. It would be applied, promoted and further developed by the wealthy for the benefit of all, even those who cannot afford it. It would be in the interest of mankind and would not only serve the interests of individuals (regional, sectoral or generational). From my point of view, it would be worthwhile to evaluate existing technical solutions according to these criteria. The result would probably be a different kind of technology, e.g. in agriculture, mobility or medicine.

From my point of view, first, shy approaches can be seen e.g. in the perception of patent rights for AIDS drugs or in the discussion about conscious and free transfer of technical know-how for the production of renewable energy to developing and emerging countries.

Discussion

Question from Peter Wilderer: In their articles, Wolfram Mauser and Martin Grambow refer to so-called geoengineering, a topic that made waves at the beginning of the 21st century. As it is more than doubtful that the 1.5-degree limit announced by the global community can be adhered to, "geoengineering" is flaring up again as a possible rescue measure.

My question is: at what spatial dimension can we speak of geoengineering? Are we talking about measures that affect the entire globe, or does a local influence already count as the starting point for geoengineering? So would the artificial over-rainfall of a piece of forest already be an indication of geoengineering?

Answer from Wolfram Mauser: Geoengineering has achieved a "resurrection" in the context of the discussions at COP28. The oil-producing countries are resisting a decision to phase out fossil fuels. They argue that there is no need to phase out fossil fuels, as CO₂ can be removed from the atmosphere and stored in the future (CCS). They are therefore hoping for a technology that may be available in the future and may even be cheap, which, when applied globally, will solve a global problem. This future-oriented and "naive" discussion about CCS is, of course, highly problematic in my view.

In my opinion, this COP28 discussion has a lot to do with geoengineering, because it is about the application of a technology that

1. addresses a global problem that affects everyone,
2. a technology is to be applied on a global scale to solve the problem.

I believe these criteria are sufficient to characterize geoengineering. According to this definition, there is no scale for geoengineering, only an intention.

From my point of view, questions should rather be asked like this:

Is research on geoengineering that takes place in a patch of forest already geoengineering? Rather no!

Would the manipulation of the atmospheric water cycle to remedy droughts wherever there is a lack of water be geoengineering? In my view, yes!

Can the "artificial" over-rainfall of a piece of forest in itself provide an answer to the question of whether this geoengineering works? From my point of view and justifiably rather no!

Note from Peter Wilderer: In order to disentangle the various references to the term "geoengineering", I suggest using the term "ecoengineering" to refer to locally effective human intervention in nature.

As we know, "geo" stands for "earth" as a whole. Thus, a typical example of geoengineering would be the installation of an umbrella at the Lagrange point to regulate the earth's temperature. "Eco" is derived from the ancient Greek word for "house", and thus has a reference to the local habitat. A typical example of ecoengineering would be the planting of monocultures in a field, the clearing of woodland to create farmland or the artificial irrigation of a forest or field.

In any case, geoengineering and ecoengineering have potentially positive as well as negative effects. Both geoengineering and ecoengineering require a rigorous risk assessment before deciding on a practical application.

My conclusion from this discussion is:

Geoengineering is a term that refers to the planned intervention in the earth system (see article by Martin Grambow

Geoengineering does not have a spatial dimension, but it does have a temporal dimension.

Geoengineering is not to be understood as the privilege of engineers. The term refers to planned measures of influence that are taken by each person as well as by the organs of human society to affect the future.

In the biotic part of the earth system, reactions to external and internal influences are genetically encoded and controlled.

In contrast, reactions to interventions in parts or all of the earth system are triggered by the will of actors.

The principle of responsibility, as described in detail by Hans Jonas in his book of the same name, plays a decisive role in achieving sustainable success.

In summary, it can be said that biotic self-regulation cannot be a model for anthropogenic systems. At best, biotic self-regulation can serve as a benchmark for sustainable, responsible action.

Answer from Wolfram Mauser: Whether I can agree with this conclusion remains to be seen

Natural Wastewater Treatment Systems for Domestic Sewage

A message from India

Introduction

In the course of civilization's progress, unchecked population increase, improved living standards and economic progress have led to enormous freshwater consumption, for which about 70-80% is associated with private households (Mahapatra et al., 2022). Currently, about 380 billion m³ of municipal wastewater is released yearly worldwide, which is expected to increase by 24% by 2030 and 51% by 2050 (Qadir et al., 2020). According to UN-Water (2017), the percentage of untreated wastewater released into the environment was 30%, 62%, 72%, and 92% for high-income, upper-middle-income, and low- and middle-income countries, respectively. For example, only 13.5% of wastewater in India is adequately treated (Chowdhury et al., 2022).

Direct discharge of domestic wastewater into water bodies reduces available dissolved oxygen (DO), causes eutrophication, and degrades ecosystem quality. Considering the need for sustainable development, it is important to explore natural wastewater treatment systems/technologies (NWWTSTs) for remediation and recovery of resources (e.g., N, P, energy) from domestic wastewater, which is the focus of this chapter. These are engineered systems that give a wide scope to natural self-regulation. Accordingly, natural wastewater treatment systems/technologies can also be called ecological hybrid systems.

Selected natural wastewater treatment systems/technologies for domestic wastewater treatment.

Various natural wastewater treatment systems/technologies are described by Ramakrishnan et al. (2016). Selected natural wastewater treatment systems/technologies are discussed below, including wastewater stabilization ponds (WSPs), constructed wetlands (CWs), vermifiltration/macrophyte-assisted vermifiltration (VF/MAVF), and plant-based aquatic systems.

Rao Surampalli, PhD
Engineer at USEPA (retired)
President & CEO of Global Institute
for Energy, Environment and
Sustainability
Wastewater Treatment Science
Fellow of AAAS, EASA, IWA

Wastewater Stabilization Ponds.

They can be broadly classified as aerobic ponds, anaerobic ponds, facultative ponds, and maturation ponds (Mahapatra et al., 2022). Hasan et al. (2019) used a WSP for wastewater treatment and found > 90% and 50% removal of biological oxygen demand (BOD) and TN, respectively. De Assis et al. (2020) achieved the removal of 59%, 77%, and 16% of chemical oxygen demand (COD), ammonium N (NH₄⁺-N), and total P (TP), respectively, using a high-flow aerobic WSP to treat domestic wastewater.

Constructed wetlands

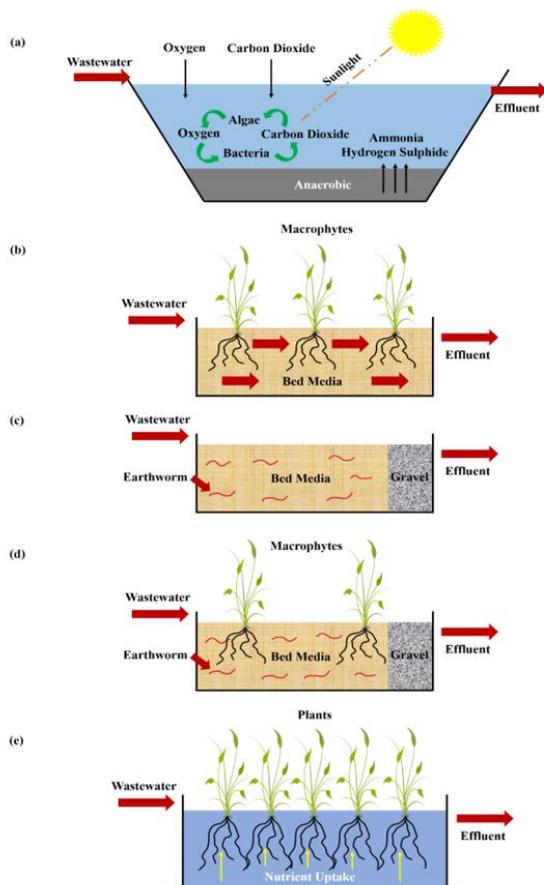
They can be broadly classified into four types: Free Water Surface Wastewater Treatment Plants (FWS WWTPs), Horizontal Subsurface Flow Wastewater Treatment Plants (HSSF WWTPs), Vertical Subsurface Flow Wastewater Treatment Plants (VSSF WWTPs), and Hybrid Wastewater Treatment Plants (HCWs) (Ramakrishnan et al., 2016). The main pollutant removal pathways in WWTPs are adsorption, microbial degradation, and plant uptake. In VSSF WWTPs, better effluent distribution provides an aerobic environment within the system, facilitating aerobic degradation of organic matter. In HSSF treatment plants, on the other hand, anaerobic biodegradation of organic matter predominates. HSSFs ensure enhanced removal of pollutants due to improved redox conditions (Chowdhury et al., 2022). Rahi et al. (2020) used two pilot-scale VSSF-CWs and found that the vegetated VSSF-CWs provided 86%, 85.9%, 82.1%, 59.6%, and 65.5% of COD, BOD, NH₄⁺-N, PO₄³⁻-P, and TSS removal, respectively, while the same values for the non-vegetated VSSF-CWs were 80%, 80.9%, 74.9%, 36%, and 56.4%, respectively.

Macrophyte-assisted vermifiltration.

These are soil biofilters in which the joint action of earthworms and microbes involves the removal of pollutants from wastewater. Earthworms perform a range of burrowing activities, including ingesting larger particles in the wastewater, crushing the ingested particles, digesting the crushed particles using gut microbes, and excreting them as castings enriched with nutrients, enzymes, and microbes (Chowdhury et al., 2023). Sometimes macrophytes and earthworms are integrated into a single filtration unit known as a macrophyte-assisted worm filter to further improve the treatment efficiency of a worm filter. Arora et al. (2016) used a vermifilter of *Eisenia fetida* earthworms to treat domestic wastewater and achieved > 85.5%, 77.8%, 90%, and 82.2% removal of BOD, COD, NH₄⁺-N, and TSS, respectively. Chowdhury & Bhunia (2021) used a two-stage macrophyte-assisted worm filter with *Eisenia fetida* earthworms and *Canna indica* macrophytes to treat domestic wastewater and found that the system provided 67-77%, 74.4-98.2% and 73-87% removal of COD, NH₄⁺-N and TN, respectively.

Plant-based aquatic systems.

These are used for phytoremediation of wastewater, with *Eichhornia crassipes* (water hyacinth), *Pistia stratiotes* L. (water lettuce), and *Lemna minor* L. (duckweed) being the most commonly used macrophytes. The effluent can flow freely over an impermeable medium, and the nutrients contained in the effluent are absorbed by the roots of the macrophytes. In addition, the microbes living in the root zone of the macrophytes facilitate the degradation of the organic matter contained in the wastewater. Alade & Ojoawo (2009) studied the potential of water hyacinth for domestic wastewater treatment and obtained 48.9% and 46.2% removal of BOD and COD, respectively.



Schematic representations of the natural wastewater treatment systems: (a) WSP, (b) CW, (c) VF, (d) MAVF, and (e) Plant-based aquatic system.

Environmental sustainability of natural wastewater treatment systems/technologies.

Conservation of non-renewable resources, protection of air, water, and soil quality, protection of aquatic and terrestrial ecosystems, nutrient recovery, and reusability of treated wastewater determine the environmental sustainability of a given wastewater treatment technology (Chowdhury et al., 2022). The main advantage of natural wastewater treatment systems/technologies is that they are energy efficient and cost-effective. Abello-Pasteni et al. (2020) found that up to 0.04 kg of fossil fuel is required to remove one kilogram of BOD in the conventional activated sludge process, while no fossil fuel is required in VF.

Natural wastewater treatment systems/technologies significantly reduce greenhouse gas emissions (e.g., nitrous oxide (N₂O), methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), etc.) because the CO₂ released there is biogenic in nature, with the global warming potential (GWP) of biogenic CO₂ being one, while the GWP of CH₄ and N₂O are 25 and 298, respectively (Chowdhury et al., 2022). Mander et al. (2014) found that for domestic wastewater treatment, CH₄ emissions from an FWS-CW and an HSSF-CW were 1.8 and 6.4 mg/m²-h, respectively, and N₂O emissions were 0.031 and 0.42 mg/m²-h, respectively.

Singh et al. (2017) reported that the release rate of greenhouse gases from conventional WWTPs with anaerobic sludge blanket process and activated sludge process were up to 1,317,375- and 71,696-tons CO₂-eq/year, respectively. Lourenco & Nunes (2021) reported that replacing the conventional activated sludge process with VF technology resulted in a reduction of GWP from 264 kg CO₂-eq to 183 kg CO₂-eq and eutrophication potential from 20.7 kg PO₄-eq to 7.51 kg PO₄-eq.

In addition, natural wastewater treatment systems/technologies can be used to stabilize the sludge produced in conventional wastewater treatment plants. In VF, earthworms act as sludge stabilizers and excrete the stabilized sludge as worm dung, which can be used as soil fertilizer. Webster (2005) reported that replacing chemical fertilizers with worm compost resulted in a 23% increase in grape yield. Alade & Ojoawo (2009) found that the sludge produced by treating domestic wastewater with water hyacinth can be used directly as biofertilizers due to its nutrient enrichment. When organic fertilizers are applied, the nutrients (i.e., N and P) stored in them are mixed with the soil and are available for plant uptake, thereby promoting plant/crop growth. In this way, natural wastewater treatment systems/technologies facilitate the recovery of nutrients from domestic wastewater. Apart from sludge, treated wastewater from NWWTSTs is detoxified, has a clear appearance, and is enriched with dissolved oxygen and nutrients; therefore, it can be used for irrigation, horticulture, and other non-potable uses and supports the survival of aquatic life, thereby maintaining the balance of the aquatic ecosystem (Chowdhury et al., 2023).

Conclusions and recommendations.

Natural wastewater treatment systems/technologies have good potential to treat domestic wastewater by providing substantial removal of organic matter and nutrients. In addition, each of the systems presented minimizes the need for non-renewable resources, preserves air, water, and soil quality, promotes the maintenance of aquatic and land-based ecosystems, facilitates the recovery of nutrients from domestic wastewater, and produces nutrient-rich and detoxified wastewater that can be used for irrigation purposes, thereby meeting the criteria for environmental sustainability. However, some recommendations to further improve the sustainable resilience of natural wastewater treatment systems/technologies are provided below.

Although natural wastewater treatment systems/technologies provide considerable effectiveness in removing pollutants, in-depth research is needed to further improve the treatment efficiency of natural systems.

Natural wastewater treatment systems/technologies do not completely eliminate greenhouse gas emissions during their treatment processes. Therefore, in-depth research is essential to reduce greenhouse gas emissions from natural wastewater treatment systems/technologies.

N.B. This paper was designed under the leadership of Rao Surampalli by scientists from India and USA, namely: Sanket Chowdhury, Puspendu Bhunia, Tian Zhang.

References

- Abello-Passtani, V., Munoz Alvear, E., Lira, S., & Garrido-Ramirez, E. (2020). Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in Chile. *Tecnologia y Ciencias del Agua*, 11(2), 190-228.
- Alade, G. A., & Ojoawo, S. O. (2009). Purification of domestic sewage by water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *International J. Environmental Technology and Management*, 10(3-4), 286-294.
- Arora, S., Rajpal, A., & Kazmi, A. A. (2016). Antimicrobial activity of bacterial community for removal of pathogens during vermifiltration. *Journal of Environmental Engineering*, 142(5), 04016012.
- Chowdhury, S.D., & Bhunia, P. (2021). Simultaneous carbon and nitrogen removal from domestic wastewater using high rate vermifilter. *Indian Journal of Microbiology*, 61, 218-228.
- Chowdhury, S. D., Bhunia, P., & Surampalli, R. Y. (2022). Sustainability assessment of vermifiltration technology for treating domestic sewage: A review. *J. Water Process Engineering*, 50, 103266.
- Chowdhury, S. D., Bhunia, P., Zhang, T. C., & Surampalli, R. Y. (2023). Nitrogen transformation dynamics in macrophyte-assisted high-rate vermifilter treating real domestic sewage. *Journal of Water Process Engineering*, 55, 104171.
- de Assis, L. R., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Silva, T. A., & Teixeira, J. S. (2020). Innovative hybrid system for wastewater treatment: high-rate algal ponds for effluent treatment and biofilm reactor for biomass production and harvesting. *Journal of Environmental Management*, 274, 111183.
- Hasan, M. M., Saeed, T., & Nakajima, J. (2019). Integrated simple ceramic filter and waste stabilization pond for domestic wastewater treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 14, 100319.
- Lourenço, N., & Nunes, L. M. (2021). Life-cycle assessment of decentralized solutions for wastewater treatment in small communities. *Water Science and Technology*, 84(8), 1954-1968.
- Mahapatra, S., Samal, K., & Dash, R. R. (2022). Waste Stabilization Pond (WSP) for wastewater treatment: A review on factors, modelling and cost analysis. *Journal of Environmental Management*, 308, 114668.
- Mander, Ü., Dotro, G., Ebie, Y., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Nogueira, S. F., Jamsranjav, B., Kasak, K., Truu, J., Tournebize, J., & Mitsch, W. J. (2014). Greenhouse gas emission in constructed wetlands for wastewater treatment: a review. *Ecological Engineering*, 66, 19-35.
- Qadir, M., Drechsel, P., Jiménez Cisneros, B., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., & Olaniyan, O. (2020, February). Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. In *Natural resources forum* (Vol. 44, No. 1, pp. 40-51). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

- Rahi, M. A., Faisal, A. A., Naji, L. A., Almuktar, S. A., Abed, S. N., & Scholz, M. (2020). Biochemical performance modelling of non-vegetated and vegetated vertical subsurface-flow constructed wetlands treating municipal wastewater in hot and dry climate. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101003.
- Ramakrishnan, A., Zhang, T.C., and Surampalli, R.Y. (2016). Green and sustainable natural wastewater treatment/disposal technologies. Ch. 6 in *Green Technologies for Sustainable Water Management*. Ngo, H.H., Guo, W.S., Surampalli, R., and Zhang, T.C. (eds.), ASCE, Reston, Virginia, 2016.
- Singh, V., Phuleria, H. C., & Chandel, M. K. (2017). Estimation of greenhouse gas emissions from municipal wastewater treatment systems in India. *Water and Environment Journal*, 31(4), 537-544.
- UN-Water. (2017). The United Nations World Water Development Report, Wastewater: the Untapped Resource. <https://www.unep.org/resources/publication/2017-un-world-water-development-report-wastewater-untapped-resource>. (Date accessed: 06 October 2023).

Discussion

Remarks of Peter Wilderer: The article by Rao Surampalli and his co-authors points out that the centralized wastewater treatment methods developed and widely used in industrialized countries cannot be considered a universal model for solving the world's sanitation problems.

Decades ago, the International Water Association (IWA) set up a working group (Specialist Group on Small Water and Wastewater Technologies) to identify wastewater treatment systems in contrast to large systems. The "natural wastewater treatment systems" described in this chapter are part of this topic. However, alternative wastewater treatment should be understood as part of an overarching system that includes facilities for drinking water supply in rural areas as well as the training of the specialists needed to responsibly operate such systems.

I want to draw your attention to a project in the Indian state of Tamil Nadu that has attracted worldwide attention. In the village of Odanthurai, 40 km from the city of Coimbatore, the women of the village, led by the daughter of the village elder, decided in 1996 to take the solution to the local water problems into their own hands. The village elder had provided his daughter with a academic education in microbiology. She and some of her fellow students gradually established the transportation of water from the river below the village using simple means.

A plant for the production of high-quality drinking water, a plant for natural wastewater treatment and a plant for the generation of electricity using biogas and wind power were built. Despite these achievements, the women insisted on the preservation of traditional village life. Read, for example, in: Inspiring self-powered village - Odanthurai (ecoideaz.com).

Response of Rao Surampalli: We learn from this that sustainably effective technical processes require a combination of local initiative, solid education, inventiveness, hands-on knowledge and entrepreneurship, all grounded in local traditions and culture. The solutions built on this ground solutions will look different in rural Lower Bavaria than in rural Tamil Nadu. The diversity of technical solutions is as important as the diversity of species in ecosystems.



Subsidiarity in practice using the example of the village of Odanthurai, India
Tradition meets modernity
Photo taken by Peter Wilderer

Strategic Thinking on Dealing with the Earth Crisis

Message from China

Evolution of the Earth Crisis

Compared to the 4.6-billion-year history of the earth and the 3.8-billion-year history of life, what Paul Josef Crutzen referred to as The Anthropocene is the history that began with the Industrial Revolution in the late 18th century. It is just in this short history that the interaction between humans and nature has greatly intensified, and as a result, we humans have ushered in increasing the change of the climate globally. We are striving to control the increase of extreme weather events by reducing greenhouse gas emissions. However, simultaneously the loss of biodiversity resulted in a 28% decrease in global biodiversity between 1970 and 2008. Natural crises are intensifying day by day on earth.

Dr. Yonghui Song

Chief Scientist of the Chinese Research
Academy of Environmental (CRAES)
Sciences

Adjunct Prof. Tsinghua University

River Basin Water Management

Fellow of EASA

Coping strategies

In general, the intentions to overcome the global climate change could be divided into three categories:

1) Ignoring and inacting.

As William D. Nordhaus pointed out "The situation of global warming is just one of many historical cases where efforts to understand nature are undermined by human stubbornness." Some people and even governments ignore or do not recognize greenhouse gas effects because of uncertainties, and some governments even withdraw from The Paris Agreement at will.

2) Active geoengineering

There are several proposals to develop radiation management technologies such as stratospheric aerosol injection, ocean cloud whitening, and the installation of a set of mirrors in space. Costs and the uncertainty of these measures limit the possibility of their deployment. For instance, carbon dioxide removal technologies, afforestation, gaining bioenergy with carbon dioxide capture and storage (BECCS), blue carbon, etc., cause immense costs and risks, and are still being explored and worth exploring.

3) Philosophical and scientific response

Since the birth of humanity, efforts to understand the world and to handle the relationship between humans and nature have been the core content of philosophy. The ancient philosophy of China emphasizes the "unity of heaven and man". Confucianism, Taoism, and Buddhism have different interpretations, but their common point is that they view humans as a part of the universe and nature, achieving harmonious coexistence between humans and nature, and achieving the organic unity of humanistic spirit and scientific spirit.

Based on these concepts, all things in the universe have their own laws of operation, and the Earth system also has its own laws of operation. It is a correct approach to leverage the Earth's resilience to respond to external changes and fully utilize the Earth system's self-regulation ability. Respecting nature and the Earth does not mean doing nothing. On the contrary, it is necessary to actively understand the operational laws of the Earth and nature, and understand global changes and their effects through observation. We should actively develop technologies to reduce human impact on the Earth as much as possible. We are ultimately visitors to the Earth, so we should respect our host - the Earth, be humble and polite guests, and clean up our trash, wastewater, and exhaust gas. To help the Earth system better utilize its self-regulatory function, the "assistance" of artificial restoration is necessary, especially in restoring vegetation, restoring ecosystem functions, and protecting biodiversity.

Progresses addressing climate change and restoring ecosystems

Since 1988, the IPCC has continuously evaluated climate change and its potential impacts on society and the economy, as well as possible strategies for adapting to and mitigating climate change. In September 2015, the United Nations Summit adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development, calling for urgent action to address climate change and its impacts. In November 2021, the contracting parties of The Paris Agreement finally completed the implementation rules, making green, low-carbon, and sustainable development a global consensus and direction of efforts. In order to cope with global climate change, restore damaged ecosystems, and protect biodiversity, efforts are being made globally: UN agencies such as UNEP and UNDP have carried out extensive work; ecological restoration projects are widely carried out in Africa, Europe, and the USA. China has set carbon peak targets by 2030 and carbon neutrality targets by 2060. After years of afforestation, China's forest coverage has exceeded

24%, which is a significant achievement for an ecologically fragile country. In terms of eliminating desertification, China's Saihanba Afforestation Community was named Champion of the Earth for inspiration and action in 2017 in honor of its work transforming degraded land into a lush paradise. It shows that adopting technologically, economically, and socially feasible technologies to restore the Earth's ecosystem, helping and awakening the Earth's self-regulatory ability, is a practical and feasible approach to addressing the Earth's crisis.

The achievements are commendable, but compared to the acceleration of global climate change, greater efforts need to be made. Faced with the global climate crisis, countries and regions with imbalanced economic and social development have different understandings and attitudes, inconsistent thoughts and actions, and thus weaken the ability of humans to respond to earth and regional crises.

References:

World Wildlife Fund. WWF Living Planet Report 2012, Beijing, 2012.

William Nordhaus. Climate Casino: Risks, Uncertainties, and Economics for a Warming World. Yale University Press, New Haven and London, 2013.

Trump begins formal US withdrawal from Paris Agreement.

<https://www.climatechangenews.com/2019/11/04/trump-begins-formal-us-withdrawal-paris-agreement/>.

UN Environment honors seven new Champions of the Earth.

<https://www.unep.org/news-and-stories/story/un-environment-honours-seven-new-champions-earth>.

Discussion

Question of Ortwin Renn: *In his contribution, Yonghui Song makes it clear that we need to do more?* What would be your priorities here?

Response of Yonghui Song: Thanks to Professor Ortwin Renn for his question. Understanding the challenge and providing solutions are both important. I am willing to provide a concise answer:

1. promoting the harmonious coexistence of humans and nature: It is necessary to prioritize ecology, promote green development and create a world of harmonious coexistence between humans and nature. This is not only a scientific concept, but also a concept that policy makers should refer to.
2. promote the formation of a green development model: We must advocate green production and green living, and build an environmentally friendly development and way of life to respect the earth. This is something that should be supported by the industry, the financial world and the general public.
3. promote international and regional cooperation: The ecological edge effects that must be achieved through ecological restoration in ecologically sensitive developing countries and regions. They are greater in their impact, not only in relation to the region, but also to the entire planet.
4. strengthening communication: Cooperation between think tanks and international organizations such as the United Nations and relevant government agencies is important. Thinkers must make those in power and capital aware that building a world of harmonious coexistence between humans and nature is the most important thing.

5. action is important, not just words: Action speaks louder than words. We should not neglect small things. A trickle eventually becomes a river. Together we can promote a sustainable and self-regulating ecosystem on earth.

Resilience Thinking and the Importance of Adaptive Cycles

Ecological self-regulation is the ability of ecosystems to establish an original or new state of equilibrium in response to changes of boundary conditions (Gorshkov et al., 2000).

A distinction should be made between suddenly occurring or gradually progressing changes. An example of slowly changing boundary conditions is global climate change. Sudden changes occur in case of bush or forest fires, floods, or massive changes following reactor disasters such as the one in Chernobyl.

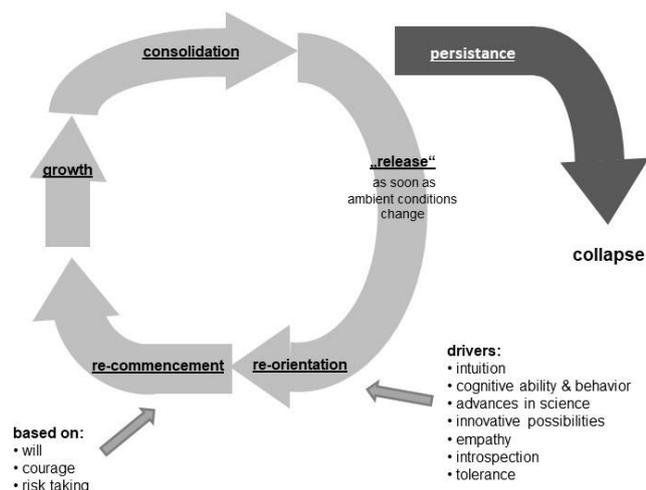
Dr.-Ing Peter Wilderer
TUM Senior Excellence Faculty
Bio-Engineer and
Water Scientist
Fellow of AAAS and EASA
2003 Stockholm Water Laureate

A prerequisite for the success of ecological self-regulation is the presence of a diversity of bacteria, plant, and animal species. As important are species that migrate from neighboring ecosystems. This provides a reservoir from which the ecosystem can draw to respond to changes in the local environment. In the course of the regulation process, the species that best cope with the new boundary conditions prevail. The ecological regulation process can last decades to centuries.

Explanation of the terms resilience thinking and adaptation cycles

Resilience Thinking is characterized by a circular sequence of actions. This is explained using as an example an economically active business enterprise:

- Ongoing observation of changes in the environment (climate, economy, society, politics).
- Evaluation of the observations and possible consequences in relation to one's own activities.
- Release of accustomed activities, if this is assessed as necessary.
- Recognizing and evaluating options.
- Decision-making and implementation.



Resilience Thinking (Walker and Salt, 2008) is a perpetual cyclic process, also referred to as an Adaptation Cycle (shown graphically in the image above).

Ultimately, resilience thinking leads to the state of resilience, i.e. the ability to continuously adapt to changes in the environment to remain efficient. The purpose of resilience thinking is similar to that of ecological self-regulation, with the difference that an autonomous process is replaced by knowledge-based, deliberate action.

Stepping out of the cycle by willfully insisting on the status quo can lead to a loss of resilience (as outlined in the picture on the right) and, in extreme cases, to system collapse (Diamond, 2005). Conversely, the decision to adapt to new challenges offers an opportunity for survival. A decision to adapt is driven by the perception of emerging risks and polycrises that are recognized as threatening the existence of the company. This provides an intellectual bridge to Ortwin Renn's contribution.

Breaking out of adaptation cycles can lead to collapse

A particularly blatant example of ignoring risks and polycrises is the bankruptcy of Lehman Brothers in 2008, an economic "monoculture". The same applies to the collapse of governmental monocultures. The collapse of the Roman Empire in the 5th century and the collapse of the Habsburg monarchy and the German Empire after the First World War may serve as other examples of this. In both cases, the claim of the emperors of the time to inherited rights, and the willful rejection of corrections in the handling of power were partly responsible for the collapse of the entire state system.

As in ecosystems, adaptive action in economic and state systems must relate to both holistic and regional conditions. We refer to such units collectively as ecotopes (i.e. economic living and working spaces). Ecotopes correspond to the biotopes in an ecosystem. The characteristics of an ecotope are the response to the local boundary conditions, which can vary greatly from case to case. Adaptive cycles can therefore only be effective if they are based on the particular characteristics of the local ecotopes. In contrast, the usual reverse approach from the whole to the parts is less effective. If the characteristics of the local subsystems are not taken into account, rules, regulations and laws issued by central institutions run the risk of being ineffective. They arouse resistance and, in borderline cases, lead to system collapse.

The global trend towards the centralization of companies (keyword: "merger endgame", Dean et al. 2003) and the merging of regions, countries and states into supranational state organizations (example: European Community) is difficult to achieve holistic resilience. It is essential that measures for local resilience are based on local knowledge and experience. In this respect, there is much to be learned from ecosystems and their methods.

Human intervention in large-scale ecological systems and their ability to self-regulate is particularly serious. For example, it is necessary to turn away from "modern" forests, which are predominantly populated with fast-growing trees. The favoring of spruce in Central European forests began in the late Middle Ages for purely economic reasons. The trigger at that time was Hanns Carl von Carlowitz, chief mining administrator of the Saxon Ore Mountains, with his book "Anweisung zur wilden Baumzucht" (Instructions on wild tree cultivation) published in 1713. It called for only as many trees to be felled in the forests per unit of time as would grow back in the same period. Ironically, Hanns Carl von Carlowitz has since been referred to as the founder of sustainability. Numerous examples prove that systems controlled by humans rarely deserve to be called "sustainable". The destruction of large spruce stands in Central Europe by the bark beetle and the loss of crop yields due to prolonged periods of drought support this thesis.

Investors and organizers with their innate egoism and their pursuit of profit are the cause of undesirable developments. Forest areas are being sacrificed in favor of land use for roads, settlements, airports, logistics centers and agricultural production of many profitable crops for export. The resulting sealing of soils contributes to a reduction in the recharge of groundwater. Due to the reduced holding capacity of the soil, flooding increases during heavy rainfall events and in droughts the following.

The clearing of forests, not only in the Amazon region but also in many other regions of the world, is accompanied by a loss of the at least temporary fixation of CO₂ in wood, soil and peatlands. Cutting down trees reduces the area of leaves and needles required for photosynthesis. It also reduces the emission of oxygen, a substance that, like water, is essential for the life of heterotrophic organisms including humans. The emission of water vapor into the air space above the canopy is reduced. This

can have consequences for the terrestrial water cycle and for the climate (Makarieva A.M. and Gorshkov V.G. 2010; Makarieva A.M. et al. 2013).

The effects of subsidy policies, for example in the agricultural sector, should also be mentioned in this context. This suggests that the profiteers of subsidies gain a long-term economic advantage. In reality, opportunities are missed to adapt to changing market conditions. The cash flow from above often prevents long-term thinking and planning. Protests against the reduction of subsidies are understandable but ultimately irresponsible.

Training in the home countries is urgently needed

Effective concepts are needed to impart practical skills and knowledge about the complex relationships between cause and effect in nature, the economy and administration. In this way, a profound understanding of the necessity and advantages of adaptive cycles should be developed. The aim is to generate ethical and moral resilience.

On this basis and in recognition of the particularities of local ecological, economic and cultural characteristics, training programs are required that presumably are most efficient when they take place close to the trainees' place of origin. The current practice of teaching students in training centers of industrially developed countries entails the risk that knowledge will be acquired that is not or only marginally appropriate to the specific climatic, economic and cultural requirement at the home place of the students.

A rethink is also urgently needed in the application of technical solutions such as central sewage collection and treatment systems in developing countries. There are worldwide plenty of misleading examples of this, but there are also innovative initiatives that deserve attention and support.

References

Gorshkov VG, Gorshkov V.V. and Makarieva A.M. (2000) Biotic Regulation of the Environment – Key Issue of Global Change. Springer Praxis Chichester UK

Walker B and Salt D (2006) Resilience Thinking – Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press, Washington USA

Diamond J (2005) Collapse – How Societies Choose to Fall or Succeed. Penguin Group New York

Carlowitz H.C. (1713) Anweisung zur wilden Baumzucht. In *Silvicultura Oeconomica*,

Dean G.K., Kroeger F and Zeisel S (2003) Winning the Merger Endgame – A Playbook for Profiting from Industry Consolidation. McGraw-Hill. New York USA

Makarieva A.M., Gorshkov V.G. (2010) The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate. *International Journal of Water*, 5(4), 365-385. doi: [10.1504/IJW.2010.038729](https://doi.org/10.1504/IJW.2010.038729)

Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Sheil D., Nobre A.D., Li B.-L. (2013) Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 1039-1056. <https://doi.org/10.5194/acp-13-1039-2013>

Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Sheil D., Nobre A.D., Li B.-L. (2013) Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 1039-1056. <https://doi.org/10.5194/acp-13-1039-2013>

Synthesis

Biogenic self-regulation alone cannot serve as a model for the regulatory methods of human systems, as the prerequisites and processes are significantly different.

The self-regulation of biotic systems is genetically encoded in living organisms and communities, including their essential independent development, autopoiesis (Vogt). Furthermore, the regulation of human systems is based on decisions that are made deliberately to achieve self-imposed goals.

Over the past centuries, humankind has proven that the tireless pursuit of knowledge coupled with ingenuity has led to enormous progress in all areas of human life and activity. At the same time, the pursuit of power, hubris and ignorance have often thwarted these successes. If the function of biotic self-regulation is disregarded, damaged or even overridden by human influence, systemic risks (Ortwin Renn), setbacks and ultimately chaos arise. To understand the dynamics of self-regulation, the mathematical theory of complex systems has developed models to determine critical phase transitions. Computer simulation with AI enables early warning systems to recognize crises and ultimately chaos (Klaus Mainzer).

Nevertheless, the function of natural self-regulation processes has almost become the norm in the age of the Anthropocene. In this context, the term "Anthropocene" not only describes a period in the history of our planet. Martin Grambow also uses the term to subsume humanity's often selfish behavior towards nature. Global climate change and global warming are the result. However, understanding the processes that have led to the Anthropocene also opens up the opportunity to recognize which cultural techniques could be used to avert these critical developments.

To cope with such irreversible changes, it is urgently necessary to proactively protect the function of the remaining natural forests (Anastassia Makarieva). This is not just about the Amazon Forest. Natural forests, including boreal forests, wetlands and peatlands, play an important role in sustaining life in many different areas of the world. They ensure the availability of water, oxygen and biogenic raw materials. They are therefore relevant for the climate and economy, as well as for the sustainable development of inhabited areas. This assessment is supported by the US-American science journalist Erica Gies. She has influenced our consultations with her expertise. There is a consensus that the climatic changes and their consequences (droughts, heavy rainfall, storms, etc.) that can be observed all over the world are not only caused by hydrocarbon emissions. Human intervention and disruption of services provided by natural ecosystems are just as significant.

The question of how the disregard of biotic self-regulation processes can be compensated for by human action is addressed and attempted to be answered in several contributions to this anthology.

In his contribution, Markus Vogt explains the significance of the concept of sustainability as a return to the necessity of harmonizing the environmental, economic and social spheres through systemic thinking and synergetic networking (retinity). This claim is very difficult for representatives of various scientific disciplines, as can be seen from the example of economics. After all, the economy determines - or has a major influence on - many areas of our lives. The economy has also led to an enormous inequality of distribution, which contradicts intra- and intergenerational justice. It would therefore be particularly important for the majority of economists to give much greater consideration to sustainable development as a new paradigm in teaching and research.

Human influence on natural systems can only be exerted after a thorough assessment of possible risks and their interconnections under the primacy of responsible action (Ortwin Renn). With the keyword "responsibility", we are following on from the remarks made by Hans Jonas in his book "Prinzip Verantwortung" (Principle of Responsibility) as the basis for sustainable development.



In this context, we are also reminded of the often grotesque proposals that caused a stir at the beginning of this decade. One example is the installation of an umbrella at the Lagrange point between the sun and the earth to protect the earth from overheating. Such proposals were collectively referred to as "geoengineering". Discussions between Wolfram Mauser and Peter Wilderer led to critical reflections of this term.

According to this interpretation, "engineering" refers to planned action. The term "geo" refers to the populated surface of the earth. Geoengineering therefore refers to the planned intervention in the earth system. Such interventions are not reserved for engineers. Interventions relate to the actions of everyone, parts of human society, economically active individuals and organizations as well as governmental and non-governmental administrations.¹⁵

Responsible action begins on a small scale and ends with action on a global scale and not vice versa. The principle of subsidiarity, as laid down in the European Union's Treaty of Rome, also applies in a figurative sense to the sustainable interaction of human systems with the ecosystem.

The contributions by Alois Heissenhuber and Herman Auernhammer describe the current situation in the field of agriculture and forestry as well as the possibilities of taking steps towards sustainable development using modern knowledge and methods while maintaining the requirements for preserving the function of biotic self-regulation.

The contributions by Werner Lang and Brigitte Helmreich should also be seen in this light. This is about settlement planning that must not only take into account the needs of people, work and mobility. It is also important to develop and implement methods to preserve the needs of nature throughout the day. Brigitte Helmreich focuses on the topic of water in built-up areas, more specifically the sustainable use of rainwater as a contribution to groundwater recharge. In his article, Werner Lang demonstrates the importance of scientific methods for analyzing the environmental impact of buildings in the planning and implementation process for the realization of a sustainable building culture.

Rao Surampalli reports on developments that lead to orderly hygienic conditions in rural areas of India and in harmony with local economic and cultural conditions. The report on an initiative by women in a village in the south of India is particularly impressive. Using their own resources, they found and established solutions that combine traditional life with modern technical means while preserving the function of the environment.

Yonghui Song recalls China's ancient philosophy, which was based on the unity of heaven and man. All things in the universe have their functional laws. The earth system also has its functional laws. The aim today is also to use the earth's resilience to react appropriately to external changes and to fully exploit the earth system's ability to self-regulate. The importance of these basic principles is increasingly being recognized and implemented in real economic activity using modern knowledge.

Finally, in the contribution, Peter Wilderer argues that the constant and natural change of the earth's system requires a like-minded change in human behavior. Nature must not be treated as a museum. The idea of preserving the given, which is deeply rooted in human beings, is misleading. According to the concept of resilience, people, society, the economy and governmental administration are obliged to perceive changes using suitable methods and, after thorough evaluation, to implement them in responsible action. This creates a perpetual cycle of adaptation that leads to rational, responsibility-

¹⁵ In this context, the question arises: should the concept of geoengineering be expanded to include "eco-based geoengineering", which by definition describes transnational, collective action with the aim of bringing about change on a regional, but also global scale? Examples of this already exist: collective plastic waste collection, reforestation, regeneration of wetlands, avoidance of critical trace substances or their purification in sewage treatment plants and, of course, renewable energy? A role model here would be the EU, whose ecosystem-based strategies are not only effective in the territory of the contracting states, but far beyond (Renewable Energy Directive, Supply Chain Directive, EU REACH Regulation, etc.).

based self-regulation. The following compilation of recommendations for action should be examined and evaluated based on this thesis.

Closing words

The content of these 85 pages of thought-provoking impulses represent a milestone on the way to an orderly, balanced world. The document includes the recommendations for action listed below and their feasibility. They show how important science is and what science can and must accomplish.

Prof. em. Dr. Wolfgang Haber
TUM Chair of Landscape
Ecology (retired)
Chair of German Advisory Council
on the Environment (retired)
1993 Award of the Federal
Environmental Foundation

Recommendations for Action

It is recommended that the preservation of earthly life in all its local and global manifestations be given top priority.

The totality of life on earth encompasses more than just living beings in their socialization into biocenoses and ecosystems. An equally important component is the cultural life of mankind with its essential fields of activity such as the economy, industry, state and non-state organizational structures, science, art and religion. To this end, the fulfillment of human needs must be aligned with planetary boundaries.

In order to maintain and strengthen the functioning of the earth system, it is advisable to avoid anything that restricts or even overrides the ability of living organisms and biological communities (ecosystems) to regulate themselves.

Experience shows that species diversity and time are important prerequisites for the resilience of natural systems. In forestry, large-scale deforestation to gain land for agricultural use should be avoided. Land and sea use as well as land sealing due to new settlements and infrastructure must be limited to what is absolutely necessary.

To preserve life on earth, the promotion of diversity must be given top priority.

Diversity - not just biodiversity - is an important characteristic of nature worldwide (example: diversity of landscapes). In a figurative sense, this also applies to the design of the economy and society, to the design of coexistence in cities and to the design of governmental and non-governmental organizations. Anthropogenic diversity should be developed from local cultures, traditions and experiences and enriched, but not replaced, with modern methods, for example with methods of artificial intelligence. The aim of development should be to create resilient systems that are shaped not only by industry, but also by local societies. Existing and widespread monocultures in agriculture and forestry must be converted into extended crop rotations and plant communities.

It is recommended to recognize the climate-regulating function of Earth's remaining natural ecosystems as a common planetary legacy and a cornerstone of human long-term existence.

Throughout history, human interaction with ecosystems has been dominated by local needs and visions. It is only with the development of modern science and technology and unprecedented global consciousness of humanity as a species and society that it became possible to begin quantifying the planetary significance of the ecosystems' stabilizing impact on the environment and climate. These processes are incredibly complex and their understanding is increasingly challenging as the area occupied by natural ecosystems continues to shrink. International protection of these ecosystems and ambitious investigations to understand them, are key for preserving human identity both as a biological species and as a highly developed ethically and intellectually competent society.

To maintain natural self-regulation and as part of climate adaptation measures, it is recommended that the preservation and restoration of near-natural forests and the preservation and restoration of the near-natural water balance be promoted in all regions worldwide. Settlement areas must also become greener and more water-friendly.

Both the forest systems and the landscape water balance have a significant influence on life-giving precipitation, temperature regulation, soil formation and thus the entire biosphere. However, they have

been optimized or even eliminated worldwide for certain economic uses through cultural engineering. Preservation and reconstruction are essential to restore regional and global stability. In land use, field structures that have been linear since the beginning of cultivation must be questioned and further developed with naturally adapted contour farming systems in conjunction with adapted and new technologies. This also includes the adaptation of large urban habitats to the conditions of the Anthropocene as water reservoirs, for better cooling and - together with the promotion of social housing - to improve the quality of life and work for all social classes

Interventions in the market are legitimate to maintain the fundamental functions of the earth system. This includes the renunciation of non-renewable energies. The emission of chemical substances must be reduced overall. Large-scale ecological measures such as forest conversion or stabilization of the water balance are always preferable to technical geoengineering.

The economy must quickly adapt to resource-saving and renewable energy production. To this end, technical and non-technical measures for more consistent technology must be developed, especially about the release of chemicals. Pure technical geoengineering is considered to be risky and can in no way replace the switch to an overall resilient and sustainable cultural technology. At best, temporary measures such as interventions for rain development can be used

In addition to phasing out the use of fossil fuels, it is recommended that major efforts be made to ensure the permanent supply of water, oxygen and healthy soil.

The history of the earth teaches us that living nature has been able to cope with extreme fluctuations in surface temperature. Without the availability of water and oxygen, however, terrestrial life cannot survive. It is therefore the task of mankind to decisively counteract the global temperature fluctuations caused by humans as well as the lack of water, atmospheric oxygen and living soil.

It is also recommended that more investment be made in research and development, both in empirical data collection and in mathematical computer simulations, as well as in education and training.

The method of adaptive cycles developed in resilience research should increasingly be seen as an opportunity to help with decisions and actions and be incorporated into the everyday lives of societies and decision-makers. These highly complex processes require careful data collection (big data), mathematical modeling and AI-supported computer simulations. These methods make it possible to act in a continuous cycle of observing and evaluating changes in the current environment. Targeted education should strengthen the willingness to discard the familiar if it does not prove successful and to dare to make a new start. Priority should be given to school education from kindergarten to secondary school.

In conclusion, it is recommended that all the recommendations listed here are consistently brought together in the popular call for transformation and that the economic and social dimensions are adapted to the guardrails of the ecological dimension.

Abbreviations

AAAS	American Association for the Advances of Science
AI	Artificial Intelligence (in German: KI: Künstliche Intelligenz)
BEA	Bavarian Elite Academy
BayWA	Bavarian goods brokerage of agricultural cooperatives
EASA	European Academy of Sciences and Arts an organization headquartered in Salzburg, Austria
DEI	Diversity, Equity, Inclusion
IAS	Institute for Advanced Study
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWA	International Water Association
IWF	International Water Foundation
IESP	Institute for the Preservation of Earth System Function a Non-Profit Organization of EASA, seated at Munich, Germany
SIWI	Stockholm International Water Institute
SEF	Senior Excellence Faculty
YPO	Young Professionals Organization
TUM	Technical University of Munich

Ein interdisziplinärer Diskurs
zum Thema

R E G
U L A
T I O N

Liste der Autoren

Hermann Auernhammer, Martin Grambow, Michael von Hauff,
Alois Heissenhuber, Brigitte Helmreich, Werner Lang, Anastassia Makarieva,
Klaus Mainzer, Holger Magel, Helmut Milz, Wolfram Mauser, Ortwin Renn,
Yonghui Song, Rao Surampalli, Markus Vogt, Mirka Wilderer, Peter Wilderer

cover design by carolin

Nota bene

Für den Inhalt der Beiträge zu dem hier vorliegenden Werk sind die namentlich genannten Autoren selbst verantwortlich.

Im Rahmen der Erarbeitung dieses Werks wurde gezeigt, dass das Dahlem-Konferenzen-Format auch ohne die übliche Präsenzplicht durchführbar ist.

Die persönliche Anwesenheit der Autoren und der unmittelbare Diskurs hätte einen noch tiefgreifenderen Austausch von Wissen und Erfahrungen allerdings wesentlich begünstigt.

Denkschrift

Biotischen Selbst-Regulation: Model für anthropogene Systeme?

Leitmotiv

*Weisheit bedeutet nicht, sich von der Natur abzuwenden,
sondern sich von ihr leiten zu lassen*

Seneca (58 n.Chr.), in seiner Schrift "Vom glücklichen Leben"

Wissenschaftlicher Mentor

Wolfgang Haber

2024

Vorwort des Herausgebers

Als Institute for Earth System Preservation (IESP) der Europäischen Akademie der Wissenschaften und Künste (EASA) freuen wir uns, die folgende Denkschrift herauszugeben. Wir danken ausdrücklich Herrn Peter Wilderer, Gründer IESP, für seine Initiative und seines unermüdlichen Eintretens für die Entstehung diese Schrift.

Die Frage, der sich die Denkschrift nähert, nämlich Regulierungsabläufe der Natur als mögliches Vorbild für unseren Umgang mit unserem Planeten in Betracht zu ziehen, ist von fundamentaler Bedeutung für unser Überleben und „ein dickes Brett“. Dies bedarf einer gründlichen intellektuellen Auseinandersetzung unter Beteiligung aller Wissenschaften, und ist damit in der EASA gut verortet.

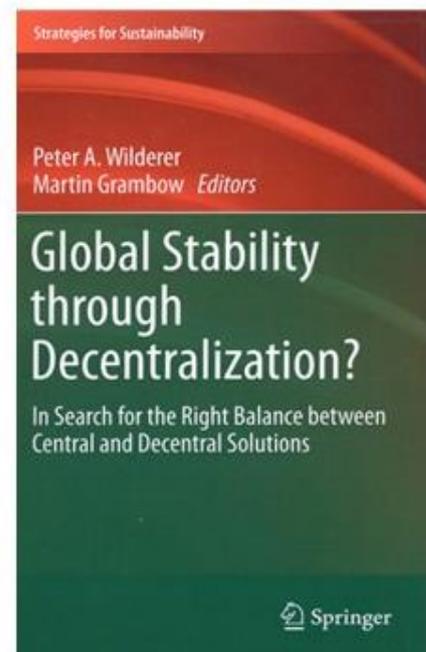
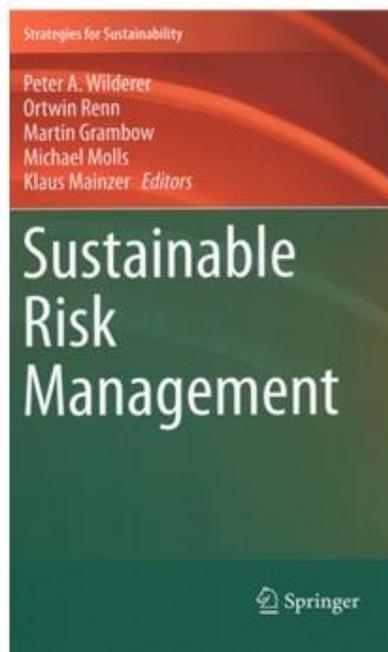
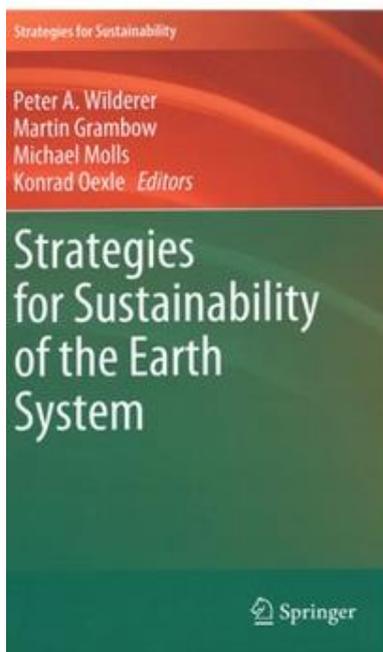
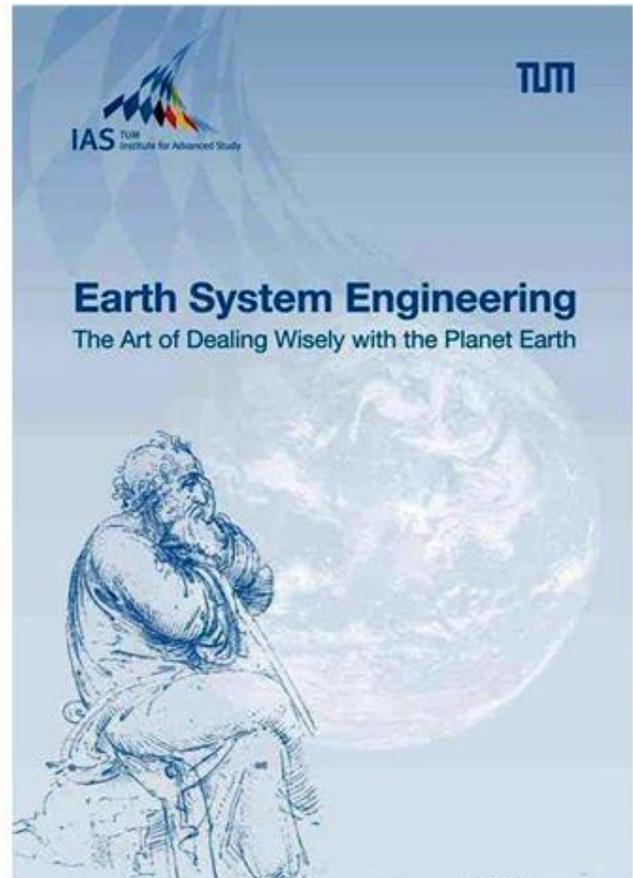
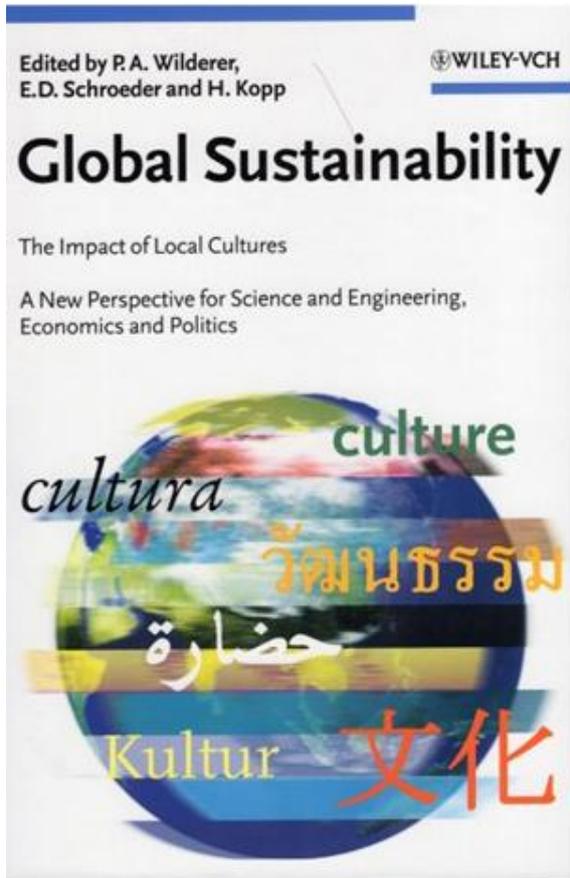
Die Beiträge entwerfen auf hohem Niveau ein erstes Bild von der Dimensionalität des Themas. Wir stehen vor der epochalen Aufgabe, um die angesprochenen, vielen weiteren Aspekte zu einem Gesamtbild des Anthropozäns zu vereinen, und auf Grundlage der Natur auch das Überleben der Menschheit zu sichern.

Ein Anfang ist gemacht! Er macht neugierig, er lädt ein zur Beteiligung, zum Diskurs, zur Vertiefung und zur Kontroverse in der EASA und darüber hinaus.

Der Vorstand des IESP

*Prof. Dr. Michael von Hauff (Vorstandsvorsitzender), Prof. Dr. Klaus Mainzer (ex officio
Vorstandsmitglied), Dr. Martin Steger, Prof. Dr. Jörg E. Drewes
Prof. Dr. Wolfram Mauser*

**Auswahl der bisherigen Themen,
die von IESP in Kooperation mit dem TUM-IAS bearbeitet wurden.**



Inhaltsverzeichnis

Editorial		8
Beispiele für die biotische Selbst-Regulation		
Einführung	Wilderer, P.	11
Bäume können mehr als nur CO ₂ speichern	Rezension	13
Dynamische Möglichkeiten der menschlichen Selbstregulation	Milz, H	15
Leitlinien für die Regulation anthropogener Systeme		
Autopoiesis und die ethische Maxime der Retinität	Vogt, M.	19
Digitale Modellierung der Selbstregulation komplexer dynamischer Systeme: Was können wir daraus lernen?	Mainzer, K.	23
Systemische Risiken und Polykrisen: Die Notwendigkeit für einen integrierten Ansatz	Renn, O.	26
Vielfalt des Denkens zur Regulierung menschlicher Systeme	Wilderer, M.	30
Zu einem besseren Verständnis des Erdsystems durch ein erweitertes Modell des Anthropozäns und die daraus abgeleiteten Regeln für eine angemessene Reaktion.	Grambow, M.	34
Warum es dringend notwendig ist, den Schutz der bestehenden Naturwälder positiv anzugehen	Makariewa A.	39
Erfahrungen aus der Praxis und Vorschläge für ein Umdenken		
Fortschrittsdenken in der Ökonomie	v. Hauff, M.	46
Bedeutung des Gebäudesektors zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Erdsystems	Lang, W.	49
Nachhaltige Bewirtschaftung von Regenabflüssen in versiegelten Gebieten	Helmreich, B.	54
Gedanken und Vorschläge für eine regelbasierte und nachhaltige Landwirtschaft	Heißenhuber, A.	57

Innovative Ansätze zur Regulierung der modernen Landwirtschaft	Auernhammer, H.	60
Vom Homo destruktor zum Homo constructor: Rezension eines Buchs von Werner Bätzing	Magel, H.	66
Ko-Evolution statt Herrschaft: Nicht die Technik gefährdet das Erdsystem, sondern unser Umgang mit ihm!	Mauser, W.	70
Naturnahe Abwasserbehandlungssysteme für häusliches Abwasser – Eine Botschaft aus Indien	Surampalli, R.	75
Strategische Überlegungen zum Umgang mit Erdkrisen – Eine Botschaft aus China	Song, Yonghui	81
Resilience Thinking und die Bedeutung von Adaptionszyklen	Wilderer, P.	84
	Synthese	88
	Handlungsempfehlungen	91
	Verzeichnis der Abkürzungen	94

Editorial

Die Frage, ob die biotische Selbstregulation als Modell für anthropogene Systeme in Frage kommt, kann nach kritischer Betrachtung der in diesem Sammelwerk zusammengestellten Beiträge mit einem "Ja, aber" beantwortet werden.

Der Mensch ist im Prinzip Teil der belebten Natur und gleichzeitig – so unser Verständnis - ein Fraktal der Funktionsweise der Erdsysteme. Unser Körper reagiert auf innere und äußere Anforderungen in einer natürlich selbstregulierten Weise. Es gibt also keinen Grund, nicht davon auszugehen, dass die biotische Selbstregulation auch auf den menschlichen Körper übertragbar ist. Die Übertragung der biotischen Selbstregulierung von Ökosystemen auf soziale oder sogar wirtschaftliche und staatliche Systeme ist jedoch vielschichtiger, als auf den ersten Blick anzunehmen wäre. In der belebten Natur sind gesellschaftliche Systeme, wie zum Beispiel Bienenvölker, ebenfalls selbstreguliert. Aber in den vom Menschen geschaffenen Gesellschaftssystemen beruht die Regulierung auf anderen, nämlich anthropologischen Voraussetzungen. Im Gegensatz zu anderen Lebewesen ist der Mensch in seinem Verhalten durch seinen eigenen freien Willen und durch ein hohes Maß an Gestaltungsfreiheit und Weltoffenheit gekennzeichnet. Hinzu kommt seine Fähigkeit, Wissen zu erzeugen, weiterzugeben und zur Veränderung der Umwelt praktisch einzusetzen.

Der Mensch schafft durch seine Fähigkeit, dem eigenen Handeln Sinn und Bedeutung zuzuschreiben, eigene kulturelle Biotope, wie Städte, Industriearale, landwirtschaftliche Produktionsstätten, Erholungsflächen und vieles mehr. Diese Biotope hängen zwar von den Leistungen der Natur existentiell ab, sind aber durch künstliche neue Welten dank Wissen, Technik und Kunst überformt. Kulturelle Biotope sind zum einen auf natürliche Vorleistungen angewiesen, bieten aber gleichzeitig naturübergreifende Gestaltungsräume, in denen Menschen wirtschaftliche, soziale und kulturelle Aktivitäten entfalten können. Dabei kann es zu zwei gefährlichen Selbsttäuschungen kommen: zum einen die Illusion, dass die natürlichen Vorleistungen auf Dauer garantiert seien, unabhängig davon, wie sehr Menschen in die Naturkreisläufe eingreifen (technische Hybris), zum anderen die naive Vorstellung, ein „Zurück zur Natur“ würde eine humane und nachhaltige Menschheitsentwicklung wie von selbst auslösen. Die Transformation von natürlichen zu kulturell geprägten Biotopen ist zumindest bei der heutigen Bevölkerungsdichte die einzige Chance, auch in Zukunft humane Lebensbedingungen für die Menschheit zu erhalten. Gleichzeitig sind diese Transformationen aber darauf angewiesen, dass der Ausbau der kulturellen Biotope die existentiellen natürlichen Kreisläufe nicht gefährden. Wichtige Stichworte sind hier: Klimaschutz, Erhaltung der Artenvielfalt, Minimierung von schädlichen Emissionen und Abfall, Ressourcen- und Flächenschonung. Zudem ist auch zu hinterfragen, ob Natur nur als Quelle ökologischer Dienstleistungen für den Menschen zu betrachten ist, sondern auch einen Eigenwert unabhängig von menschlichen Bedürfnissen besitzt. Die Eigendynamik natürlicher Kreisläufe ist daher für die Schaffung von kulturellen Biotopen eine wichtige Orientierung, lässt sich aber nur zum Teil auf die Gestaltung dieser Biotope übertragen.

Diese Einsicht macht es notwendig, in einen tiefgreifenden Diskurs über die Parallelen und Unterschiede zwischen biotischer und kultureller Regulation einzutreten. Ein Umdenken ist dringend erforderlich und zwar in einer neuen Dimension. Zitate von Sophokles, Konfuzius, Sokrates, Seneca und vielen anderen zeigen zwar, dass Philosophen schon in der Antike mit Nachdruck eine aktive, vernunftbasierte Haltung und daraus erwachsende Handlungen des Individuums und der Gesellschaft anmahnten – mit dem Ziel der Gerechtigkeit und der Erhaltung der gesellschaftlichen sowie spirituellen Ordnung; deren äußerer Rahmen war in unserem Denken aber immer von der Natur beziehungsweise der unverrückbaren Schöpfung begrenzt und damit vorgegeben.

Das Anthropozän beschreibt mit seinen Veränderungen des Erdsystems in diesem Licht nicht nur ein neues Erdzeitalter. Die technischen Einflussmöglichkeiten der Menschheit auf diese früher als gottgegeben und damit permanent angesehene Schöpfung beinhaltet inzwischen eine signifikante

Beeinflussung der geophysikalischen und geochemischen Kreisläufe und schließt damit die potentielle Zerstörung der für uns maßgeblichen Leben ermöglichenden und Leben erhaltenden Systeme ein. Damit ist eine neue, alle bisherigen Vorstellungen überragende Verantwortung gegenüber der Menschheit als Ganzes, aber auch der belebten und unbelebten Natur entstanden. Erst die Philosophen des 20. Jahrhunderts, allen voran Hans Jonas, haben diese neue ethische und politische Dimension erkannt und daraus neue Schlüsse wie den ökologischen Imperativ abgeleitet. Technische Überheblichkeit durch holistische Bescheidenheit zu ersetzen, ist ein Ratschlag, der als Prinzip verstanden werden sollte. Nur so kann der fatale Hang zur technischen Hybris überwunden werden.

Im Grunde geht es dabei auch wieder wie seit der Antike bis zur Aufklärung, um die Durchsetzung einer ethischen Grundhaltung des Menschen und menschlicher Gesellschaften, diesmal aber unter neuen planetaren Randbedingungen. Ein nachhaltig wirkendes Gegenstück zu der biotischen Selbstregulation kann insbesondere durch Überwindung destruktiv wirkender Gesinnungen wie Hass, Neid, Gier und Rache entstehen. Es sollte auf diesem Fundament gelingen, der Einhaltung ethischer Normen auch im Verhältnis zur umgebenden Natur zum Durchbruch zu verhelfen. Dazu ist für alle Schichten der Bevölkerung ein hohes Maß an Bildung, Überzeugungsarbeit, empathisches Verstehen und an dem Gegenüber angepasste Kommunikation notwendig. Bildung sollte, um wirkungsvoll zu sein, aber auf den örtlichen, auch indigenen Traditionen aufbauen, und bereits im Kindesalter, besser noch schon im Säuglingsalter einsetzen. Immerhin ist anzunehmen, dass Liebe, und so auch elterliche Führung als Bausteine für die Vermeidung von Hass und Missgunst zu gelten hat. Die Erfahrung von Liebe, Geborgenheit und Wohlstand ist somit eine der Voraussetzungen für ein nachhaltig wirkendes ethisches Verhalten.

Anweisungen zum ethisch-moralischen Handeln sind keine Erfindung des Anthropozäns. Seit der Antike wurden eine Vielzahl von Handlungsanweisungen entwickelt. Manche haben sich durchgesetzt, andere sind in Vergessenheit geraten, viele werden zwar anerkannt, aber in der Praxis nicht gelebt. Vor allem die Auffassung von Überlegenheit menschlichen Wissens gegenüber den aus der Evolution sich herausbildenden natürlichen Regelkreisen hat sich zu einer für die Menschheit und die Natur zerstörerischen Tendenz entwickelt. Entscheidungen und Entwicklungen, die zunächst als vorteilhaft angesehen waren, führten in vielen Fällen zu dramatischen Schäden. Als Beispiel für das Gelingen einer nachhaltigen und ausgewogenen Bilanz zwischen natürlicher und kultureller Evolution können die von Paul Crutzen vorgeschlagenen Maßnahmen gegen die Zerstörung der Ozonschicht in der Stratosphäre gelten. Viele weitere positive Beispiele, Anregungen und Vorschläge sind in dem vorliegenden Sammelband zusammengetragen worden. Einhellig wird ein Überdenken des bisherigen Fortschrittsmythos gefordert. Vor allem geht es darum, die Gestaltungskraft des Menschen in adaptive Zyklen einzubringen mit dem Ziel, eine resiliente, naturnahe und nachhaltige Entwicklung sicherzustellen.

Viele der Beiträge in diesem Band beschreiben die Errungenschaften und Weiterentwicklungen in Fachbereichen wie Wirtschaft, Medizin, Landwirtschaft, Architektur und Wasserwirtschaft. Die enormen Herausforderungen unserer Zeit, ausgelöst durch den Klimawandel, die Überbewertung des Wirtschaftswachstums und den Glauben an die Allmacht der Technik, können nur durch das Infragestellen des Status quo und durch Offenheit für alternative Lösungen bewältigt werden. Die Autoren und Autorinnen fordern die Gesellschaft auf, die Chancen zu nutzen, die mit einer Fülle neuer Erkenntnisse und Methoden aus Wissenschaft und Praxis verbunden sind. Resiliente und nachhaltige Zukunftsvorsorge wird aber nicht durch Romantisierung von Natur, sondern durch gezielten und achtsamen Einsatz von Technik und innovativen Produkten gewährleistet. Dazu zwei Beispiele aus den Beiträgen: Der gezielte Einsatz von Düngemitteln für eine regenerative Landwirtschaft wird als neue Möglichkeit zur umweltfreundlichen Produktion von Lebensmitteln genannt. Die kluge Anwendung von künstlicher Intelligenz in allen Bereichen von Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung hat auf dem Weg in eine belastbare, nachhaltige Zukunft einen hohen Stellenwert.

Bemerkenswert ist, dass bedeutende Innovationen zunehmend von multidisziplinären und internationalen Arbeitsgruppen geschaffen werden. Dies gilt nicht nur für den wissenschaftlichen Bereich. Die Umsetzung und Bündelung von Wissen aus benachbarten Denkschulen, aber auch von praktischem Erfahrungswissen und indigenen Traditionen, kann der Menschheit die geforderte Balance zwischen Natur und Kultur mithilfe inter- und transdisziplinären Teams näherbringen. Dies erfordert jedoch eine entsprechende übergeordnete Qualitätskontrolle sowie den politischen Willen, diese Aktivitäten mit den dafür notwendigen Ressourcen zu unterstützen.

Bei der Vorbereitung dieses Werkes wurden Wissenschaftler sowie Wissenschaftlerinnen aus verschiedenen Disziplinen und Ländern eingeladen, ihre jeweiligen Erfahrungen, Kenntnisse und Perspektiven zur Beantwortung der im Titel dieses Werkes formulierten übergreifenden Frage einzusetzen. Das Format der Dahlem-Konferenzen diente in abgewandelter Form als Vorbild für den hier praktizierten interdisziplinären Diskurs. Zu diesem Zweck wurden Beiträge mit dem Ziel erarbeitet und für die Diskussion geöffnet, um Handlungsempfehlungen für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft zu entwickeln. Die Auswahl der Empfehlungen ist im letzten Kapitel dieses Bandes abgedruckt und kann als Aufforderung zum Nachdenken, aber auch zur Kritik verstanden werden. Je mehr und intensiver über das Verhältnis von Natur und Kultur nachgedacht und konstruktiv gestritten wird, desto eher wird es gelingen, eine resiliente und nachhaltige Zukunft für Mensch und Natur zu gewährleisten.

Diskussion

Frage von Ortwin Renn: Was ist unter „Fraktal der Funktionsweise der Erdsysteme zu verstehen“? (siehe oben: erster Satz im zweiten Absatz)

Antwort von Martin Grambow: Die Verwendung von „Fraktal“ ist zunächst ein semantischer Hinweis auf die Chaostheorie nach Küppers und Selbstorganisation nach Maturana. Wir leben in einem sich selbst organisierenden chaotischen System.

Der Begriff ist damit aber auch philosophisch und naturwissenschaftlich aufgeladen: Nach meiner Überzeugung ist der Mensch ein „typisches“ Abbild des Erdsystems, weil er nur selber durch körperinterne symbiotische biologische Prozesse funktioniert und als vernunftbegabtes Holobiont nur in Interaktion mit der „äußeren“ Natur existieren kann.

Peter Wilderer beschäftigt die Frage, ob der Mensch durch seinen Intellekt oder – nach Helmuth Milz – durch seine Sinn- /Denkleistung aus dem nicht-anthropogenen natürlichen Ökosystem untypisch herausragt, also kein typisches Abbild ist oder gar eine Art Gegensatz bildet.

Ich bin jedoch der Überzeugung, dass wir Menschen untrennbarer und „beabsichtigter“ Teil der Schöpfung sind – was wiederum sowohl eine Analogie zu religiösen Auslegungen ist („Abbild des Schöpfers“) als auch - so James Lovelock - einem Plan der Schöpfung (Gaia) entspricht. Also ist der Mensch sowohl Teil der belebten Natur als auch einzigartig. Damit ist er – so mein Verständnis - ein typisches Abbild der Funktionsweise des Erdsystems, das seit einer Million Jahre aus biologisch–chemisch–physikalischen Grundprozessen UND der intellektuellen Leistung des Verstandes von Homo sapiens zusammengesetzt ist. Demzufolge sind wir (Menschen) auch nicht dazu da, um die Erde zu zerstören, sondern im Gegenteil, das lebenserhaltende, stabilisierende Repertoire der Natur zu erweitern.

Beispiele für die biotische Selbst-Regulation

Einführung

Seit es Leben auf der Erde gibt, hat die Veränderung des Erdsystems eine existenzielle Bedeutung für das irdische Leben insgesamt und für einzelne Lebewesen im Besonderen. Heute leben wir in einer Zeit, die durch neuartige Veränderungen des Erdsystems geprägt ist, allen voran die Erderwärmung und das Artensterben. So segensreich der Fortschritt ist, den wissenschaftlichen und spirituellen Beobachtern machen sie große Sorge!

Dr.-Ing Peter Wilderer
TUM Senior Excellence Faculty
Bio-Engineer and
Water Scientist
Fellow of AAAS and EASA
2003 Stockholm Water Laureate

Paul Crutzen bezeichnet diese Epoche als das Anthropozän, eine Zeit, in der der Mensch selbst das Gesicht der Erde verändert, ja destabilisiert hat. An sich sollte der technische und kulturelle Fortschritt das Leben angenehmer und friedlicher machen. Aber die dazu nötigen Veränderungen haben so viele Änderungen in unser gewohntes Umfeld, in unser Erdsystem gebracht, dass es seine stabilisierende Wirkung zunehmend zu verlieren scheint. Die Polkappen schmelzen, der Meeresspiegel steigt an, immer mehr Gebiete werden zur Wüste, Konflikte und Streit um Rohstoffe einschließlich Lebensmittel und Wasser nehmen zu. Vom ganz Großen bis ins Allerkleinste sieht es so aus, als könnte die Welt aus den Fugen geraten.

Vor diesem Hintergrund wird es dringend notwendig, über konkrete Maßnahmen nachzudenken, die zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Erdsystems beitragen. Maßnahmen werden in Betracht gezogen, die in den Bereich des „Geoengineering“ fallen. Dazu zählen Vorschläge zu großtechnischen Eingriffen in die Atmosphäre und in die Ozeane. Solche derart weitgehende Eingriffe wirken auf die meisten Menschen bedrohlich. Sie sollten wohl überlegt sein, weil bei der Anwendung von Technik negative Nebenwirkungen in der Regel unvorhersehbar und selten auszuschließen sind.

Die Frage ist also, ob es nicht andere, weniger unsichere und weniger umstrittene Wege gibt, unser Erdsystem in einer stabilen Lage zu halten. Sollten wir dazu die natürlichen Fähigkeiten der Schöpfung zur Selbstregulation nutzbar machen? Mit Antworten auf die Frage beschäftigt sich die hier vorgelegte Broschüre.

Unter dem Begriff „System“ und somit auch unter dem Begriff „Erdsystem“ wird in der Philosophie der Zusammenschluss eines Mannigfaltigen zu einem Einheitlichen und wohlgegliederten Ganzen verstanden, in dem das Einzelne im Verhältnis zu dem Ganzen und zu den übrigen Teilen eine angemessene Stellung einnimmt [1]. Bei der Anwendung von Maßnahmen zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Erdsystems ist also ein angemessener, systemischer Ansatz eine zwingende Voraussetzung.

Massive Veränderungen des Erdsystems, die in der Vergangenheit beispielsweise durch den Einschlag von Meteoriten hervorgerufen wurden, haben zum wiederholten Aussterben zahlreicher Arten von Lebewesen einschließlich der Dinosaurier geführt, nicht aber zum Aussterben des Lebens als solchem. Grund dafür war unter anderem die Fähigkeit des Lebens zur Selbsterhaltung. Diese Existenz sichernde Eigenschaft des Lebens ist im Kleinen jeder lebenden Zelle mitgegeben, im Großen jedem Lebewesen, auch dem Menschen. Gorshkov et al. [2] bezeichneten diesen das Leben erhaltenden Prozess als „biotische Regulation“, umgangssprachlich auch Selbsterhaltungstrieb, Selbstregulation oder autonome Regulation bezeichnet.

Nun bezieht sich in der Bezeichnung „System“ der Begriff „Mannigfaltigkeit“ nicht nur auf das Erdsystem. Ebenso mannigfaltig sind die verschiedenen geographischen, orographischen, klimatischen und durch Traditionen geprägten Regionen der Erde. Der oben beschriebene Systembegriff gilt für jede

einzelne Regionen individuell, und erfordert spezielle angepasste Lösungen zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit der jeweiligen Region samt der Bewahrung der naturgegebenen Selbstregulationsfähigkeit.

Die Menschheit ersetzt in großem Stil das Phänomen, die biotische Selbstregulation durch eine willentliche, auch kognitiv begründete Regulation des Erdsystems und seiner Teilsysteme. In den jüdisch/christlich geprägten Ländern (und auch im Islam) wird dieser Anspruch aus dem alttestamentarischen Gebot abgeleitet, wonach sich der Mensch die Erde und damit die Umwelt untertan machen darf oder sogar soll.

Wie Yuval Harari [3] in seinem wortreichen Bericht über die Geschichte der Menschheit eindrucksvoll darlegt, hat im Anthropozän der Anspruch auf Nutzung, oft auch die Übernutzung von lebensnotwendigen Ressourcen wie Luft, Wasser, Boden, Wälder mittlerweile ein Ausmaß angenommen, das für das Leben auf der Erde bedrohlich erscheint.

Dazu ein Beispiel: Es war Carl von Carlowitz [4], der in seiner 1713 veröffentlichten Schrift über die „Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht“ gefordert hat, dass sich zu einer nachhaltigen Nutzungsmöglichkeit von Kohle und Eisenerzen das Fällen von Bäumen am Wachstum der Bäume orientiert werden muss.

Der Begriff „Wachstum“ hat bekanntlich eine zeitliche Dimension. Ein Baum benötigt mehrere Jahrzehnte, bis er für profitable Gewinne reif ist. Und so hat auch das Nachhaltigkeitsgebot, das von Carlowitz angestoßen wurde, eine zeitliche Dimension. Diese geht oft über den Vorstellungshorizont des Menschen und seiner Repräsentanten in Wirtschaft und Politik hinaus. Geduld ist gefragt. Geduld aufzubringen, ist allerdings eine noch schwierigere Aufgabe als die Einhaltung nachhaltig wirksamer Maßnahmen.

Die dominierenden Lebens- und Produktionsformen wurden in den zurückliegenden Jahren kritisch hinterfragt. Dazu hat sich die Völkergemeinschaft 1991 mit der Deklaration zur Nachhaltigen Entwicklung auf ein völlig neues Paradigma verständigt. Es kann festgestellt werden, dass eine Zustimmung zu dem Nachhaltigkeitsparadigma heute global gesehen gegeben ist. Wichtig ist, dass wir die Chance der Zusammenführung von Ökologie, Ökonomie und gesellschaftlichen Herausforderungen unter Berücksichtigung der weltweiten Tragkapazität bzw. der ökologischen Leitplanken konsequent nutzen.

Ein weiteres konstitutives Element des Nachhaltigkeitsparadigmas ist die Gerechtigkeit. Analysiert man die nationalen Nachhaltigkeitsstrategien der Industrieländer, so gibt es hier noch große Potenziale zur weiteren Umsetzung und Beschleunigung des Transformationsprozesses. Noch deutlich größer sind die Potenziale in den meisten Ländern des globalen Südens. Dabei haben sich die Industrieländer verpflichtet, die Entwicklungsländer bei ihren Bemühungen zu fördern.

Die Forderung nach einem nachhaltigen Wirtschaften mit Wirkungen über den Tag hinaus ist als Wendepunkt hin zu einem vernunftgeprägten Überlebensmodell zu verstehen. Eine konsequente regionale und planetare Anwendung kann auch zur Überwindung des reinen Profitstrebens beitragen. Ob diese Zielvorgabe durch die Weiterentwicklung der Digitalisierung und künstlichen Intelligenz (AI) erleichtert und unterstützt wird, ist eine Frage, der ernsthaft nachgegangen werden muss. Konkreter noch: Ist AI ein Ersatzmodell für die biotische Regulation? Das hängt auch davon ab, wie die Agenda 2030 mit den 17 SDGs interpretiert wird. Bisher stehen die 17 SDGs in den nationalen Nachhaltigkeitsstrategien oft einzeln nebeneinander. Dabei sollten vielmehr Nachhaltigkeitsbereiche definiert werden, bei denen Ziele zusammengeführt werden. Hierbei könnte sowohl die Digitalisierung als auch die künstliche Intelligenz (AI) einen wichtigen Beitrag leisten.

Literaturverzeichnis

- 1 Philosophisches Wörterbuch, Alfred Kröner Verlag, 1957
- 2 Gorshkov, V, Gorshkov V., Makarieva M. (2000) Biotic Regulation of the Environment, Key Issue of Global Change, Springer, Chichester, UK
- 3 Yuval Harari (2011) Penguin Random House Publisher
- 4 Hanns Carl von Carlowitz (1713) Natural Instructions on Wild Tree Breeding, Sylvicultura Oeconomica, Johann Friedrich Braun Verlag.

Diskussion

Hermann Auernhammer merkt an: Offen bzw. unvollständig bleibt für mich (und sicher auch für Kollegen Wolfgang Haber) der in Rio 1998 definierte Begriff der Nachhaltigkeit mit Ökonomie, Ökologie und Sozialem.

Antwort von Peter Wilderer: Diese Bemerkung gibt mir die Gelegenheit, auf die dem Inhaltsverzeichnis vorangestellte Seite hinweisen. Gezeigt werden die Einbände der Bücher, die unter der Schirmherrschaft des EASA aufgrund von Workshops entstanden sind.

Der erste dieser Workshops wurde im Jahr 2003 in den Räumen des Klosters Banz durchgeführt. Die Veranstaltung stand unter dem Titel „Global Sustainability – The Impact of Local Cultures“. Eingeleitet wurde der Workshop mit einer Grußbotschaft des damaligen Präsidenten des Club of Rome, Prinz El Hassan bin Talal, dem heutigen König von Jordanien. Mit Verweis auf unser aktuelles Thema möchte ich zwei Sätze herausgreifen: *„As Moderator of the World Conference on Religion for Peace I call for a global code of conduct while promoting solemn respect for the various faiths and their interaction“* und weiter: *“In the Club of Rome we added in addition to social, ecological and economic culture as the fourth pillar sustainability. Human values and global sustainability mean that an alternative must be found to the imagined and feared hegemonic and homogenetic processes“*.

Erwähnen möchte ich zudem, dass Wolfgang Haber im Rahmen des Workshops on „Global Stability through Decentralization“ sein breites Wissen über die Bedeutung natürlicher Ökosysteme eingespeist hat. Seine Gedanken und Empfehlungen finden in dem hier vorgelegten Band fortgeführt.

Bäume können mehr als nur CO₂-speichern

Eine Rezension eines Artikels in Nature Water (2023) verfasst von Peter Wilderer

In der Oktoberausgabe der Zeitschrift Nature Water (Seite 820 – 823) findet sich unter dem Titel „More Than Carbon Sticks“ ein Essay, das von Erica Gies¹⁶ verfasst wurde. In beeindruckender Weise lässt sich diese Arbeit als Spiegel der Beiträge gewertet werden, die in dem vorliegenden Sammelband zusammengefasst sind.

Gleich zu Beginn ihres Essays unterstreicht die Autorin die Wichtigkeit des gegenseitigen Austauschs von Wissen über Disziplinengrenzen hinweg, um hoch-komplexe Prozesse nicht nur besser zu verstehen, sondern auch in nachhaltig wirksames praktisches Handeln umzusetzen. Die derzeit rasch fortschreitende Klimaänderung ist ein klassisches Beispiel für das Ergebnis hoch-komplexer Zusammenhänge. Klassisches Silo-Denken mag für das Renommee von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen steigern und schlussendlich zu politischen Entscheidungen führen. Dass damit aber Fehlentscheidungen nicht auszuschließen sind, zeigt die Autorin an einer Vielzahl von Beispielen. Die

¹⁶ Erica Gies ist eine frei schaffende Journalistin und Autorin aus Victoria, Kanada, deren Arbeiten in zahlreichen namhaften Wissenschafts-Journalen abgedruckt wurden.

Überschätzung der Bedeutung von CO₂ als Ursache für die Klimaänderung sei dafür nur ein Beispiel unter vielen.

Das Zusammenführen von Fachwissenschaftlern wie beispielsweise aus der Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Ökologie, Medizin, Hydrologie, Gesellschaftswissenschaften bietet die Chance, auf die Herausforderungen unserer Zeit wirkungsvoll zu reagieren. Dafür gibt es zahlreiche Entwicklungen, die durch den vermeintlichen Alleinvertretungsanspruch klassischer Disziplinen erst angefeindet, dann gehemmt, aber schlussendlich akzeptiert wurden und werden.

Als Beispiel dafür beschreibt die Autorin die anfängliche Unterschätzung von Wasser in seiner Bedeutung als Beitrag zur Minderung der Auswirkungen des Klimawandels. In diesem Zusammenhang gewinnt der Wald, genauer die Waldökosysteme eine herausragende Bedeutung. Die Autorin weist dabei indirekt auf die selbstregulativen Prozesse hin, die in der Wurzelzone beginnen und an der Blattoberfläche nicht enden.

Zahlreiche Forschungsteams haben erkannt, dass die Verdunstung von Baumblättern einen direkten Einfluss auf den atmosphärischen Wassergehalt sowie auf den atmosphärischen Wassertransport und den terrestrischen Wasserkreislauf hat. Die von Anastassia Makarieva und ihrem internationalen Expertenteam über Jahrzehnte hinweg geleistete Arbeit wird ausführlich beschrieben.

Gleich zu Beginn der Ausführungen der Autorin wird Anastassia Makarieva mit den Worten zitiert: *"Beim Klimaproblem geht es nicht nur um Kohlenstoff. Es geht vor allem um den Wassertransport, der stark von der Vegetationsdecke beeinflusst wird. Dies spielt eine große Rolle bei Wetterveränderungen und Wetterextremen"*. Sie fährt fort: *"Eine Million Bäume zu pflanzen ist falsch und irreführend. Vielmehr sollte das Ziel darin bestehen, die Funktionsfähigkeit des Ökosystems zu erhalten und gegebenenfalls wiederherzustellen. Genauso wie ausgewachsene Bäume mit intaktem Boden größere Mengen an Kohlenstoff speichern als junge Baumplantagen, sind ausgewachsene, vom Menschen unberührte Wälder äußerst effektiv bei der Regulierung von Wasser und Klima."*

Die durch Kapillarkräfte und durch die Photosynthese initiierte Evaporation und in der Folge die Emission von Wasser in die Atmosphäre sind Prozessketten, die im Prinzip auch in Gräsern und Ackerpflanzen ablaufen. Nur ist die auf den Quadratmeter bezogene Fläche der Blätter eines Baums wesentlich größer als die Fläche der Grashalme auf einer Wiese.

Die Autorin weist darauf hin, dass es notwendig ist, Maßnahmen zur Regulierung aus der Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten abzuleiten. Dazu gehören auch Kenntnisse über den kulturellen und historischen Hintergrund in der jeweiligen Region. In diesem Zusammenhang wird der Hydroklimatologe Dettinger mit den Worten zitiert: „Ich glaube fest an das, was wir in unserem eigenen lokalen und regionalen Umfeld tun können, aber ich werde nervös, wenn Leute lokale bis regionale Erfolge auf die ganze Welt übertragen“.

Dynamische Möglichkeiten der menschlichen Selbstregulation

Der menschliche Organismus kann sich dynamisch an das jeweilige Umfeld, in dem er lebt, anpassen. Er kann so sein inneres, biologisches Milieu ins Gleichgewicht regulieren. Diesen Prozess nennt man Homöostase (1). Dabei existieren für die Körpersysteme funktionale Grenzwerte, welche kurzfristig überschritten werden können. Grenzwerte existieren sowohl physikalisch, wie etwa für Blutdruck, Flüssigkeitshaushalt, Körpertemperatur, Herzfrequenz, Atemrhythmen, etc., als auch biochemisch für Blutzucker, Elektrolyte, Blutgase, etc.

Prof. Dr. med. Helmut Milz

Medicine / Health Promotion

Marquartstein, Germany

Vorübergehende Ungleichgewichte ergeben sich beispielsweise bei Belastungen wie Wachstums- oder OHeilungsphasen. Längerfristige Verschiebungen erfordern besondere Bewältigungsmöglichkeiten (Coping). Bei dauerhaft hohen Anforderungen (Distress) können sich die Sollwerte einzelner Systeme verschieben und gegebenenfalls Krankheiten befördern. Hinsichtlich der Anpassungs-, Regulations- oder Widerstandsfähigkeit menschlicher Organismen sprechen wir von Resilienz.

Für die Bewältigungsmöglichkeiten, die ein konkreter Organismus jeweils zu leisten in der Lage ist, spielen viele Faktoren eine Rolle. Dazu zählen etwa die genetische Konstitution, persönliche Lebensgeschichte, soziale Mitwelt, Alter oder auch geografische und klimatische Bedingungen der Umwelt. In ihrer Summe entscheiden sie darüber, inwieweit sich ein Organismus akklimatisieren, adaptieren und die Belastungen tolerieren kann. Bei größerer Vulnerabilität sind die Grenzen der Anpassungsfähigkeit vermindert.

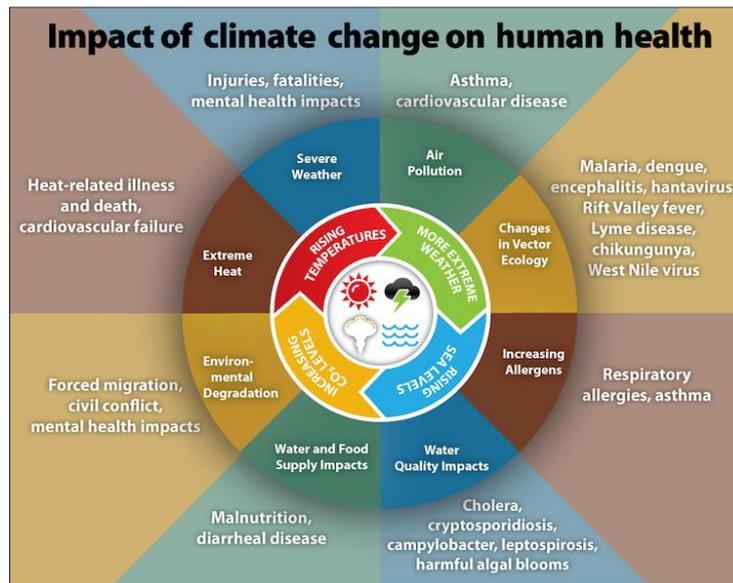
Zum Spektrum der menschlichen Anpassungsmöglichkeiten gehören auch die individuellen oder sozialen und politischen Schutzmaßnahmen, Verhaltensänderungen und Präventionsleistungen. Diesen Möglichkeiten können aber ablehnende, verweigernde Einstellungen und Haltungen gegenüberstehen, die sich durch Rationalisierungen, Negierungen oder Vermeidungsverhalten gegenüber der Mitverantwortung für Wohlergehen auszeichnen.

Biologische Selbstregulationsmöglichkeiten sind nicht von psychischen, mentalen oder gar spirituell geprägten Dynamiken zu trennen. Diese Domänen durchdringen und vermischen sich vielfach. Menschen sind mit persönlichem und kollektivem Gedächtnis und Wissen ausgestattet. Sie können dadurch auch vieles über die Komplexität und Bedrohungen des aktuellen Klimawandels erfahren. Sie werden unterschiedlich emotional ergriffen und antizipieren verschiedene Bedrohungsszenarien.

Darüber hinaus können politische, soziale oder auch geographische Machtverhältnisse die jeweils individuellen Anpassungsmöglichkeiten erheblich vermindern oder gar verhindern. In Zeiten des globalen Klimawandels können manche erheblichen, lokalen Belastungen, welche durch grenzüberschreitende Einflüsse bedingt sind, aber weder individuell noch allein vor Ort verändert werden können, sondern dies kann dann nur in größerem Maßstab geschehen.

Klimawandel und gesundheitliche Gefährdungen

Über das Ausmaß an potenziellen Gesundheitsgefährdungen durch den Klimawandel existieren seit Jahren viele differenzierte Erkenntnisse. Diese werden in wachsendem Maße auch in den Medien veröffentlicht. Das untenstehende Diagramm (2) zeigt die Hauptdimensionen der Gesundheitsbedrohungen durch den Klimawandel: CO₂-Anstieg, steigende Durchschnittstemperaturen, vermehrte extreme Wetterlagen und ansteigende Meeresspiegel. Diese führen zu steigenden Belastungen der Grundelemente allen organischen Lebens: der Erde, der Luft, des Wassers und der Wärme. Wenn diese Grundelemente extreme Dauerbelastungen oder Mangelerscheinungen erfahren, dann befördern sie eine breite Palette von Erkrankungen, die verstärkt werden durch Nahrungsmangel, Flüssigkeitsmangel, sowie Schadstoffe in der Luft und im Boden.



Manche Bevölkerungsgruppen, wie alte Menschen, schwangere Frauen, kleine Kinder, chronisch erkrankte Menschen, unterernährte Bevölkerungsgruppen oder in schlechten Wohn- und Lebensbedingungen lebende Menschen, sind überproportional gefährdet.

Möglichkeiten der erweiterten Selbstregulation zur Überwindung von Auswirkungen des Klimawandels

Aus der Fülle von möglicher Handlungsaspekten, um diese Gefährdungen besser zu regulieren, seien nur einige, weniger prominente Beispiele herausgegriffen:

1) In der Folge der technologisch-basierten Machbarkeitsvorstellungen (s. d. auch die Debatten zum Anthropozän) glauben viele Menschen, dass sie jenseits der überall gegebenen natürlichen Zeitrhythmen existieren können. Die modernen Forschungen zur Chronobiologie (3,4) zeigen jedoch, dass alle Organismen, inklusive uns Menschen, sich, von den Molekülen bis zum Bewusstsein, in relativ eng gefassten, rhythmisch-wechselnden Zeitstrukturen, wie Tag/Nacht, Aktivität/Ruhe, tageszeitlichen Schwankungen, Minuten- oder Sekundenoszillationen bis zu Jahreszeiten, bewegen. Diese Rhythmen der natürlichen, „biologischen Uhren“ werden jedoch durch Mechanisierung, Computerisierung, artifizielle Beleuchtung, konstante Klimatisierung, 24/7 Takte¹⁷ der Wirtschaft, des Handels, Verkehrs oder Konsums, etc. permanent ignoriert und überschritten. Dies bewirkt erheblich zunehmende Schlafstörungen, Erschöpfungszustände, Konzentrationsmängel, Unfallgefahren, etc. Durch eine bessere Reintegration der globalen und lokalen Lebensweisen in natürliche Rhythmen könnten diese Probleme gemindert und die allgemeine Resilienzfähigkeit des menschlichen Organismus dauerhaft gestärkt werden.

2) Neben dem ausreichenden Wasser-, Wärme- und Luftaushalt sind der Stoffwechsel und die Ernährung von fundamentaler Bedeutung für das menschliche Leben. Diese betrifft aber nicht nur die ausreichende Deckung des täglichen Kalorienbedarfs, bei möglichst wenig Schadstoffen oder ausgeschlossener Toxizität. Wie die modernen Forschungen zum Mikrobiom zeigen, sind darüber hinaus die Zusammensetzung und die Verstoffwechslung der Nahrungsmittel im Kontext von symbiotischen Mikroorganismen in der menschlichen Darmflora gesundheitlich mitentscheidend (5,6). Hierbei zeigen sich deutlich Zusammenhänge zwischen den zunehmenden Bodenveränderungen durch extensive Landwirtschaft oder Überdüngung (7), der rückläufigen CO₂-Bindungsfähigkeit von

¹⁷ Ständige Verfügbarkeit täglich 24 Stunden, 7 Tage die Woche

Ackerflächen (8) und den zunehmenden Tendenzen zur Ausbreitung von Stoffwechselerkrankungen (z.B. Diabetes 2) oder chronischen Entzündungen. Dabei spielen zu großen Mengen tierischer Nahrungsmittel sowie „Ultra-processed Foods (UPF)“ eine negative Rolle (9). Dem könnte durch behutsamere Anbaumethoden sowie den Verzehr von mehr pflanzlichen Nahrungsmitteln positiv entgegengewirkt werden. Entsprechende wissenschaftliche Empfehlungen liegen vor (10).

3) Eine einseitig-negative Berichterstattung über die potenziellen Gefahren des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit (neben den vielen Meldungen zur Politik-Krise) befördern, vor allem bei jüngeren Menschen, erhebliche emotionale Belastungen (11,12). In der psychotherapeutisch- psychosomatischen Fachliteratur werden diese, etwas unscharf, unter dem Begriff: „climate emotions“ (13) zusammengefasst. Eine Herausforderung für die allgemeinen Medienberichterstattung, insbesondere in der beratend-therapeutischen Arbeit mit vulnerablen Gruppen und Individuen, besteht darin mitzuhelfen, ein erträgliches Maß von Informationen zu finden und positives Engagement zu ermöglichen, welche sowohl einer Leugnung der Problematiken als auch einer verängstigenden Überforderung entgegenwirken. Damit können unnötige Ängste, Trauer oder Niedergeschlagenheit ebenso verringert werden wie wachsende Rückzugstendenzen vor der Klimaproblematik. Notwendige Veränderungen brauchen eine positiv ansteckende, eher optimistische Einstellung und Haltung und keinen Klimadefätismus.

4) Konstruktive Beiträge zur Verbesserung des betriebs- oder familieninternen Gesprächs- und Aktionsklimas zu Fragen wie Nachhaltigkeit, Energiebilanz, Ernährungsangebot, Transportmittel, notwendigem/überzogenem ökologischen Fußabdruck, gesündere und heilsame Stadt- und Landschaftsplanung (14), etc. sind weitere Aspekte möglicher (zwischen-)menschlicher Selbstregulierung.

Empfohlene Websites:

Deutsche Allianz Klima und Gesundheit (KLUG) <https://www.klimawandel-gesundheit.de/>

Robert-Koch-Institut, Klimawandel und Gesundheit:

https://www.rki.de/DE/Content/GesundAZ/K/Klimawandel_Gesundheit/Klimawandel_Gesundheit_node.html

Center For Planetary Health Policy: <https://cphp-berlin.de/DE/>

The Lancet countdown on health and climate change: <https://www.thelancet.com/countdown-health-climate>

Literaturverzeichnis

15. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559138/>

16. <https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/default.htm>

17. <https://www.sg.tum.de/chronobiology/startseite/>

18. <https://magazine.hms.harvard.edu/articles/health-disease-and-chronobiology>

19. <https://www.med.lmu.de/aktuell/2021/mikrobiom/index.html>

20. <https://www.nature.com/collections/pbcbgmkdtl#editorial>

21. <https://www.newyorker.com/magazine/2023/03/06/phosphorus-saved-our-way-of-life-and-now-threatens-to-end-it>

22. <https://www.theguardian.com/environment/2023/jul/04/improving-farming-soil-carbon-store-global-heating-target>

23. <https://www.theguardian.com/food/2023/sep/06/ultra-processed-foods-the-19-things-everyone-needs-to-know>

24. <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2542-5196%2818%2930206-7>
25. <https://www.sinus-institut.de/media-center/studien/barmer-jugendstudie-2021>
26. <https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/climate-anxiety-in-children-and-young-people-and-their-beliefs-ab> (2021)
27. <https://www.newyorker.com/news/annals-of-a-warming-planet/what-to-do-with-climate-emotions>
28. <https://static1.squarespace.com/static/5e8d84f94c43ec3e0646ff95/t/63b29b9b4784523e897c37e6/1672649629462/HEILSAME+ARCHITEKTUR+%E2%80%93+Flaneurin+23.10.2020.pdf>

Leitlinien für die Regulation anthropogener Systeme

Autopoiesis¹⁸ und die ethische Maxime der Retinität¹⁹

Naturphilosophische Basis der Nachhaltigkeit

Die naturphilosophische Basis des Konzepts der Nachhaltigkeit ist der Paradigmenwechsel von linear-kausalmechanischen zu systemischen Denkmodellen. Diese gehen von der biotischen Selbst-Regulation in komplexen, adaptiven und autopoietischen Systemen aus. Gesellschaftstheoretisch wird daraus das Konzept einer sozialen Kybernetik abgeleitet, das zum Ziel hat, die vielschichtigen Wechselwirkungen zwischen ökologischen und sozialen Systemen besser zu verstehen und zu kontrollieren. Denn ohne eine Berücksichtigung der Wechselwirkungen bleiben die ethisch-politischen Steuerungsmodelle auf der Symptomebene stehen und werden immer wieder neu von den oft unerwarteten Nebenwirkungen der Maßnahmen überrascht. Das ethische Prinzip der Nachhaltigkeit meint nach diesem Ansatz nicht die Summe der ökologischen, sozialen und ökonomischen Ziele, sondern deren systemische Korrelation. Andernfalls wäre es kein normativ gehaltvolles Prinzip, sondern ein maximalistischer Fehlschluss, der nahezu alle denkbaren Ziele umfasst und deshalb nichts definiert, also abgrenzt. Nachhaltigkeit ohne ein besseres Verständnis der biotischen und sozialen Selbst-Regulation degeneriert zum konzeptionslosen Versprechen allgemeiner Weltverbesserung. Ethisch gefordert ist vielmehr das Erlernen von systemischem Denken hinsichtlich der Naturauffassung sowie der ökosozialen Steuerung der Gesellschaft.

Dr. Markus Vogt

Professor of Christian Social Ethics

Ludwig-Maximilians University,
Munich

Environmental & Economic Ethics

Centesimus Annus Pro Pontifice
Prize

Der Diskurs um Nachhaltigkeit ist der politische Ausläufer eines lange zuvor in den Naturwissenschaften begonnenen und bis heute keineswegs abgeschlossenen Umbruch im Naturbild. Ohne diesen Hintergrund kann man den vielschichtigen Streit um die ethisch-konzeptionellen Grundlagen von Nachhaltigkeit nicht verstehen. Ein zentraler Ausgangspunkt dieses Paradigmenwechsels sind die veränderten Begriffe von Zeit, Kausalität und Materie in der Quantenphysik sowie der Relativitätstheorie. Dabei verlagert sich der Fokus der Aufmerksamkeit von Einzelobjekten auf Prozesse. Die Konsequenzen daraus für Naturphilosophie und Schöpfungstheologie sowie Ethik und Gesellschaft wurden in der von Alfred North Whitehead angeregten Prozessphilosophie entfaltet. Inzwischen sind viele natur- und sozialwissenschaftliche Entwicklungen hinzugekommen, z.B. die Theorien autopoietischer Systeme, wie sie Maturana und Varela angeregt haben, oder die Bionik, die durch Jack Steele sowie Werner Nachtigall begründet wurde.

Der Begriff „Autopoiesis“ wurde 1972 von Maturana geprägt, um damit die Autonomie und die zirkuläre Selbstorganisation lebender Systeme begrifflich zu charakterisieren. Der Begriff soll als Schlüssel zum Verständnis aller biologischen Phänomene dienen, insofern Leben nicht durch einzelne Eigenschaften definiert wird, sondern grundlegend durch die Fähigkeit, sich selbst erzeugen, organisieren und regenerieren zu können. Autopoietische Systeme sind operational geschlossen und metabolisch, d. h. in Bezug auf den Stoffwechsel offen. Autopoiesis ist die am intensivsten interdisziplinär rezipierte Varianten der Selbstorganisationstheorien. So ist etwa Niklas Luhmanns Ansatz wesentlich von Maturana und Varela geprägt, insbesondere hinsichtlich der Konzentration auf die Differenz zwischen System und Umwelt als energetisch offen, aber informatorisch geschlossen.

¹⁸ Prozess der Selbsterschaffung und Selbsterhaltung eines Systems, verstanden als spezifische Form der emergenten Selbstorganisation sowie eines entsprechenden ontologischen Konzeptes.

¹⁹ Retinität meint systemisches Denken und Handeln, schließt an das Leitbild der „Nachhaltigkeit“ an und zielt insbesondere auf die synergetische Vernetzung der Bereiche Umwelt, Wirtschaft und Soziales.

Luhmann kennt drei Arten der Autopoiesis: die des Lebens (biotisch), die des Erkennens (kognitiv) und die des Sozialen (kommunikativ). Die autopoietische Wende von Luhmann hat die Soziologie revolutioniert und einen weitreichenden Einfluss auf die Sozialethik entfaltet.

Ökosoziale Bionik

Bionik ist ein neuer Typ wissenschaftlicher Forschung, der die Natur nicht primär als Warenlager für menschliche Produkte betrachtet, sondern als Anregung für die Entdeckung neuer Weisen zu denken. Sie will die Erfolgsgeheimnisse der Natur in der Organisation des Lebens aufspüren und „biomimetisch“ nachahmen. In dreieinhalb Milliarden Jahren Evolutionsgeschichte sind so viele geniale Anpassungen entstanden, dass die Natur zu einer nahezu unerschöpflichen „Schatzkiste“ manchmal überraschend einfacher und robuster Lösungen für komplexe Probleme geworden ist. Aus dieser können „disruptive Innovationen“ abgeleitet werden, also Innovationen, die nicht wohlbekannte Modelle von Technik ein wenig schneller und effizienter machen, sondern ganz neue, vorher ungeahnte Lösungen anstreben. Es geht darum, jenseits der ausgetretenen Pfade bekannter Denkmuster radikal neue Verfahren, Prozesse, Materialien und Organisationsformen zu entwickeln. Ein bekanntes Beispiel für eine biomimetische Innovation ist der Klettverschluss: So, wie die Kletten mit kleinen Widerhaken arbeiten, kann man auch Kleidungsstücke verbinden und sich mühsames Zu- und Aufschnüren sparen. Bionik steht für eine neue Generation von Technik, die die Natur nicht grob ausbeutet und zerstört, sondern sensibel auf ihr feines Gewebe achtet und dieses intelligent für Prozess- und Strukturverbesserungen nutzt. Sie will mehr als einzelne materialtechnische Lösungen. Bionik zielt auf grundsätzlich neue Formen des Verhältnisses zwischen Menschen und Natur: weniger ressourcen-, abfall- und energieintensiv, mit weniger Schadstoffen, langlebiger, generationenverträglich.

Ich habe diesen Ansatz in meinem Konzept der Nachhaltigkeit gesellschaftstheoretisch als „Soziale Bionik“ erweitert, beispielsweise hinsichtlich der Zuordnung von Konkurrenz und Kooperation. So war es eine große Einseitigkeit der Evolutionstheorie, deren politische Schlussfolgerungen das 20. Jahrhundert überschattet haben, dass man Höherentwicklung in der Natur allein als Folge von zufälliger Mutation und Selektion verstanden hat und meinte, auch Politik und Wirtschaft als Daseinskampf organisieren zu sollen. In der Natur gibt es jedoch nicht nur Konkurrenz, sondern ebenso Kooperation, „Syngensis“ und eine komplexe Vielfalt der Mechanismen von Höherentwicklung und Ordnungsbildung. Nur wer kooperiert, gewinnt. Das differenzierte Ausbalancieren von Konkurrenz und Kooperation in der Natur genauer zu beobachten und davon für die Gestaltung sozialer und wirtschaftlicher Prozesse zu lernen, ist heute ein wichtiges Feld der ökosozialen Bionik.

Retinität als ethisch-politische Kybernetik

Kybernetik ist die Erkennung, Steuerung und selbsttätige Regelung ineinandergreifender, vernetzter Abläufe bei minimalem Energieaufwand. Sie verzichtet auf detaillierte Vorprogrammierung zugunsten von Impulsen für Selbstregulation und versucht damit möglichst, vorhandene Energien zu nutzen. Kybernetische Modelle gehen davon aus, dass in der Mehrzahl menschlicher Handlungsbereiche keine lineare Beziehung zwischen Ursache und Wirkung besteht und Handlungsfolgen deshalb oft verzögert und in unerwarteten Bereichen auftreten. Folglich achten sie besonders auf Nebenwirkungen in anderen Bereichen, auf Schwellen- und Grenzwerte sowie Schwingungs- und Umkippeffekte, die die eigentliche Schwierigkeit bei der Steuerung komplexer Systeme ausmachen.

Die kybernetische Steuerung der komplexen, nichtlinearen Systeme in Natur und Gesellschaft erfordert eine politische Ethik, die der Vielfalt unkalkulierbarer Nebenfolgen und damit den Grenzen der

Planbarkeit Rechnung trägt. Sie strebt nicht nur danach, einzelne Größen zu maximieren, sondern hat das vernetzte Gesamtgefüge im Blick. Dafür hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) auf der Basis der sozialetischen Forschungen von Wilhelm Korff und mir das Konzept der Retinität entwickelt und es als Schlüssel der Umweltethik bezeichnet. Ich möchte Retinität hier vor dem Hintergrund der biotischen Selbstregulation sowie deren gesellschaftstheoretischer Ausdeutung als eine politisch-ethische Kybernetik interpretieren: als eine Steuerungskunst für eine risikominimierende Vernetzung sozialer, ökonomischer und ökologischer Entwicklung.

Der dem Retinitätsgedanken zugrundeliegende Begriff des Netzwerkes greift eine zentrale Metapher der Ökologie auf: Organismen sind auf netzwerkartige Weise durch Ernährungsbeziehungen miteinander verbunden. Lebende Systeme sind auf allen Ebenen Netzwerke, die vielschichtig ineinander verwoben sind. Daraus folgt, dass die Natur nicht einfach ein passives Materiallager für menschliche Zwecke ist, sondern – so beispielsweise die Akteur-Netzwerk-Theorie von Bruno Latour – ein systemisch agierendes Netzwerk von mehr oder weniger eigendynamisch wirkenden Elementen. Vor diesem Hintergrund betrachtet Retinität Koevolution und Resilienz als neue Fortschrittmuster. Sie apostrophiert Nachhaltigkeit als Querschnittsthema und zielt dementsprechend auf die evolutionäre Ermöglichung von Synergien zwischen unterschiedlichen Bereichen. Leitmaxime ist nicht die Maximierung bestimmter Indikatoren, sondern resiliente und risikoaverse Robustheit in multiplen Krisen.

Operationalisierung der Ethik durch systemisches Denken

Die primäre Relevanz der verschiedenen Systemtheorien für die Sozialetik liegt nicht in neuen Begründungsansätzen, sondern darin, dass sie auf der Ebene der Operationalisierung der Ethik für komplexe Handlungs- und Organisationszusammenhänge hilfreich sein können.

- Dadurch wird das aus ethischer Sicht entscheidende Problem des *naturalistischen Fehlschlusses* vermieden: Von biotischen Selbst-Regulationen kann nicht unmittelbar gefolgert werden, dass diese auch für anthropogene Systeme normativ verbindlich sein sollen. So kennt die Natur beispielsweise (wenn man einmal von der kontroversen Debatte um das Sozialgefüge einiger höherer Säugetiere absieht) keine Gerechtigkeit. Aus Sicht der Bakterien, die für radioaktive Strahlung unempfindlich sind, wäre ein Atomkrieg möglicherweise wünschenswert. Deshalb ist er noch lange nicht „gut“ zu nennen. Die Maximen der praktischen Philosophie sind nicht deduktiv aus der Natur ableitbar.
- Ethik braucht eine *kulturelle Definition der wünschenswerten Ziele und Normen*. Die wichtigste Basis dafür sind die Menschenrechte sowie die Kriterien der Gerechtigkeit und des Gemeinwohls, das heute als auch künftige Generationen einschließendes Weltgemeinwohl zu fassen ist.
- Das heißt aber keineswegs, dass die Prinzipien der biotischen Selbst-Regulation deshalb ethisch belanglos wären. Ihr Status ist jedoch nicht der einer alternativen Begründung der Ethik, sondern derjenige einer Anregung für eine *konditionale Operationalisierung und Implementation der Ethik*.
- Sie antworten nicht auf die Frage, warum ich etwas tun soll, sondern auf die Frage: *Wie soll ich es tun?* Wie erreiche ich meine ethischen Ziele? Wie gelingt eine nachhaltige Transformation?

Gemäß der am Leitbild der Nachhaltigkeit orientierten Maxime der Retinität ist Umweltethik nicht als Bereichsethik zu konzipieren, sondern als ein umfassendes Integrationskonzept für die komplexen Entwicklungsprobleme spätmoderner Gesellschaft. Orientierungsmaßstab ist dabei nicht das Paradig-

ma der Natur als absolut vorgegebener Wachstumsgrenze, sondern das Leitbild einer dynamischen Stabilisierung der komplexen Mensch-Umwelt-Beziehungen.

Literaturverzeichnis

Bösch, Stephan/Binder, Claudia/Rathgeber, Andreas/Vogt, Markus (Hg.): Resilienz. Analysetool sozialer Transformationen?, GAIA 26 (Sonderheft 1/2017).

Frankenreiter, Ivo: Prozessontologische Transformationsethik. Versuch einer Epistemologie des Wandels in Natur, Umwelt und Gesellschaft, Marburg 2024.

Gebetshuber, Ille: Eine kurze Geschichte der Zukunft. Und wie wir sie weiterschreiben, Freiburg 2020.

Latour, Bruno: Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie, Frankfurt 2007.

Luhmann, Niklas: Die Gesellschaft der Gesellschaft (2 Bände), 2. Auflage Frankfurt 1999.

Luhmann, Niklas: Ökologische Kommunikation. Kann die moderne Gesellschaft sich auf ökologische Gefährdungen einstellen? 3. Aufl. Opladen 1990.

Maturana, H./Varela, F.: Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens, 3. Aufl. München 1991.

SRU [Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen]: Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung, Stuttgart 1994.

Vogt, Markus: Christliche Umweltethik. Grundlagen und zentrale Herausforderungen, Freiburg 2021 [2. Auflage 2022, englisch 2024: Christian Environmental Ethics].

Vogt, Markus: Prinzip Nachhaltigkeit. Ein Entwurf aus theologisch-ethischer Perspektive, München 2009 [3. Aufl. München 2013; russisch 2015: Принцип устойчивости].

Vogt, Markus: Sozialdarwinismus, in: Staatslexikon Bd. V, 8. Auflage Freiburg 2021, 199-201.

Digitale Modellierung der Selbstregulation komplexer dynamischer Systeme: Was können wir daraus lernen?

Einführung

Seit vielen Jahrzehnten beschäftige ich mich mit den (mathematischen) Grundlagen komplexer dynamischer Systeme, die als Modelle für Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft verwendet werden. Mit Computersimulation und KI eröffnen sich neue Möglichkeiten der Simulation und Prognose für Frühwarnsysteme kritischer und chaotischer Entwicklungen. Dieser Beitrag ist ein Plädoyer für Technikgestaltung: Modellierung der Selbstregulation muss sich als Dienstleistung für Resilienz und Nachhaltigkeit in Natur und Gesellschaft bewähren. Das wird insbesondere am Beispiel einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft deutlich.

Dr. Klaus Mainzer
Philosopher of Science
TUM Senior Excellence Faculty
Carl Friedrich-von-Weizsäcker
University Tübingen
President of EASA

Komplexe Dynamik des Erdsystems

Das Erdsystem ist Beispiel eines komplexen dynamischen Systems mit Mechanismen der Selbstregulation. Komplexe Systeme bestehen aus vielen Elementen, deren Wechselwirkungen kollektive Ordnungen und Muster, aber auch Chaos und Turbulenz erzeugen. Die Gesetze dieser dynamischen Prozesse untersucht die Komplexitätsforschung – von komplexen atomaren, molekularen und zellulären Systemen in der Natur bis zu komplexen sozialen und wirtschaftlichen Systemen in der Gesellschaft (Mainzer 2007). Komplexitätsforschung beschäftigt sich fachübergreifend mit der Frage, wie durch die Wechselwirkung vieler Elemente eines komplexen Systems (z.B. Moleküle in Materialien, Zellen in Organismen oder Menschen in Märkten und Organisationen) Ordnungen und Strukturen entstehen können, aber auch Chaos und Zusammenbrüche. Man spricht dann von „emergenten“ Eigenschaften komplexer Systeme, die nicht auf Verhalten der einzelnen Systemelemente zurückgeführt werden können. Komplexitätsforschung hat das Ziel, solche emergenten Eigenschaften in komplexen Systemen zu erkennen. Dazu werden neue Grundbegriffe, Messmethoden, Modelle und Algorithmen eingeführt. So lassen sich kollektive Ordnungen durch Ordnungsparameter charakterisieren. Ordnungen entstehen ebenso wie Chaos und Zerfall in kritischen Zuständen, die von Kontrollparametern eines Systems empfindlich abhängen oder sich selber organisieren. Diese ausgezeichneten Zustände werden häufig auch Attraktoren genannt, da die dynamischen Entwicklungen eines Systems quasi wie in den Wasserstrudel eines Abgusses hineingezogen werden. Komplexe Muster von Zeitreihen und anderen Kriterien dienen dazu, im Vorfeld kritische Situationen aus Prozessdaten zu erkennen und rechtzeitig Vorkehrungen zu treffen. Dabei spielen Computermodelle eine entscheidende Rolle. Die dynamischen Prozesse komplexer Systeme in Natur und Gesellschaft lassen sich in Simulationsmodellen analysieren, die durch die gesteigerten Rechenkapazitäten von Computern möglich wurden. Organe wie Herz und Gehirn sind sich selbst regulierende komplexe Systeme aus Zellen. Populationen sind ebenso komplexe Systeme von Organismen. Ökologische Systeme bestehen aus Populationen und vielen anderen Klima- und Umweltbedingungen. Während der Evolution hat sich ein komplexes System von Gleichgewichten zwischen Umwelt, Tier- und Pflanzenpopulationen entwickelt. Lokale Störungen (z.B. Aussterben von Tier- und Pflanzenarten) können resilient bewältigt werden oder sich im Sinn des Schmetterlingseffekts zu globalen Veränderungen (z.B. Störung der Nahrungskette) aufschaukeln.

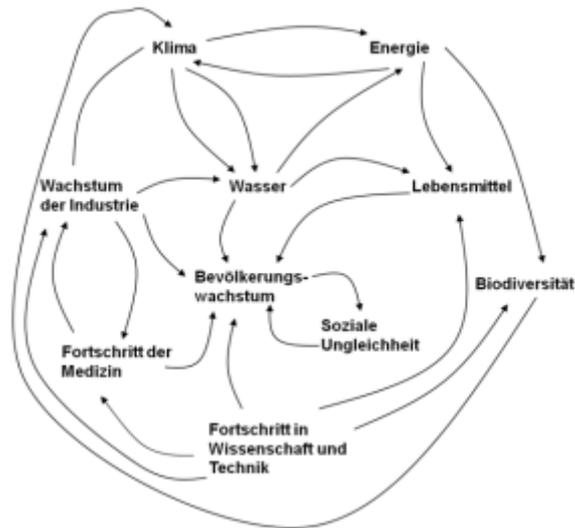


Abb.1. Komplexe Rückkopplungen des Erdsystems

Ökologische Systeme sind Teil des gesamten Erdsystems, in dem Klima und natürliche Ressourcen mit der menschlichen Zivilisation verbunden sind (Abb. 1). Wachsende Erdbevölkerung, Anpassung der Lebensstile auch in Schwellen- und Entwicklungsländern führen zu einer immer stärker werdenden Übernutzung der Ressourcen und Verschmutzung von Wasser, Boden und Atmosphäre. In diesem komplexen System von Rückkopplungsschleifen lösen extreme lokale Störungen (z.B. Erdbeben, Tsunami, Nuklearkatastrophen) eine kaskadenhafte Ausbreitung von Effekten aus, die das gesamte System erschüttern (Abb. 2). Wir benötigen daher Frühwarnsysteme für Krisen und Katastrophen im komplexen Erdsystem. Natur, Umwelt und Leben lassen sich zwar aufgrund ihrer Komplexität nicht total berechnen und kontrollieren. Wir können aber ihre Systemgesetze analysieren und verstehen, um die Selbstorganisation nachhaltiger Entwicklungen zu ermöglichen.



Abb. 2. Extreme lokale Störungen lösen in komplexen Systemen globale Krisen aus

Chaos und Komplexität in Wirtschaft und Gesellschaft

Menschen agieren heute in komplexen Organisationen und Gesellschaften. Was wissen wir über deren Dynamik? Wie ist Handeln und Entscheiden in solchen komplexen Systemen möglich? Menschen verhalten sich in Gruppen und erzeugen dabei typische Verhaltensmuster, bauen soziale Ordnungen auf oder lassen das ganze System instabil werden und stürzen ins Chaos ab.

Bei sozialem Verhalten von Menschen stellen sich zwar bemerkenswerte Analogien mit Modellen der Natur (z.B. Schwarmintelligenz) heraus, die aber in anderer Hinsicht völlig verschieden sind. So sind bereits Börsendaten Messungen von subjektiven Glaubensannahmen, Meinungen und Hoffnungen, die Wirtschaftsdynamik beeinflussen, d.h. etwas verändert sich messbar, weil wir es wünschen, glauben, hoffen oder befürchten. Dabei kommt es zu charakteristischen Rückkopplungen zwischen Handelnden, ihren Absichten und Modellen sozialer Wirklichkeit.

Märkte und Unternehmen sind Beispiele für komplexe ökonomische Systeme, in denen Menschen in vielen ökonomischen Funktionen interagieren. In der Tradition des klassischen Liberalismus und analog zur klassischen Physik des 18. und 19. Jahrhunderts wurde häufig eine lineare Gleichgewichtsdynamik angenommen, nach der die freie Selbstorganisation ökonomischer Kräfte automatisch zum „Wohlstand der Nationen“ führt. Im Zeitalter der Globalisierung liegt den Finanz- und Wirtschaftsmärkten tatsächlich eine Nicht-Gleichgewichtsdynamik zugrunde, deren Phasenübergänge mit Turbulenzen und Chaos, aber auch neuen Innovationsschüben verbunden sind. Attraktoren komplexer Dynamik entsprechen wieder Ordnungsparametern und Potenzgesetzen zwischen Zufall und starrer Regularität. Damit kann Komplexitätsforschung Signale erkennen, um sich rechtzeitig auf wirtschaftliche Umbrüche und Chancen vorzubereiten.

Von komplexen Systemen zur Künstlichen Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) beherrscht längst unser Leben, ohne dass es vielen bewusst ist. Smartphones, die mit uns sprechen, Armbanduhren, die unsere Gesundheitsdaten aufzeichnen, Arbeitsabläufe, die sich automatisch organisieren, Autos, Flugzeuge und Drohnen, die sich selbst steuern, Verkehrs- und Energiesysteme mit autonomer Logistik oder Roboter, die ferne Planeten erkunden, sind technische Beispiele einer vernetzten Welt intelligenter Systeme. Sie zeigen uns, wie unser Alltag von KI-Funktionen bestimmt ist. Turing definierte 1950 in dem nach ihm benannten Test ein System dann als intelligent, wenn es in seinen Antworten und Reaktionen nicht von einem Menschen zu unterscheiden ist (Turing 1950). Der Nachteil dieser Definition ist, dass der Mensch zum Maßstab gemacht wird. Auch biologische Organismen sind nämlich Beispiele von „intelligenten“ Systemen, die wie der Mensch in der Evolution mehr oder weniger zufällig entstanden und mehr oder weniger selbstständig Probleme effizient lösen können. Der derzeitige Hype der Künstlichen Intelligenz wird durch die gestiegene Rechenkapazität von Computern möglich, die Machine Learning realisieren kann. Im Machine Learning spielen neuronale Netze nach dem Vorbild der Selbstorganisation im menschlichen Gehirn eine dominante Rolle. Der Durchbruch der KI-Forschung in der Praxis hängt wesentlich mit der Fähigkeit neuronaler Netze zusammen, große Datenmengen (Big Data), z.B. bei der Mustererkennung, beim autonomen Fahren, in der Robotik und in Industrie 4.0 mit effektiven Lernalgorithmen anzuwenden. Obwohl die technische Zivilisation zunehmend von diesen KI-Algorithmen abhängt, sind sie mit erheblichen Sicherheitsrisiken verbunden. Daher sind Verifikationsverfahren erforderlich, mit denen Sicherheitsstandards von neuronalen Netzen berechnet und garantiert werden können (Mainzer 2020). Sie sind eine notwendige Bedingung für Fragen der Sicherheit, Ethik und Verantwortung.

Chaos und Komplexität in Kommunikations- und Versorgungssystemen

Eine zentrale Forderung für nachhaltiges Wirtschaften ist die Umwandlung in eine Kreislaufwirtschaft, in der alle Produktions- und Verbrauchsgüter energie- und umweltschonend wieder in den Güterkreislauf zurückgeführt werden. Dabei wird eine nachhaltige Lösung des Energieproblems zur

Voraussetzung von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz, die enormen Energieverbrauch voraussetzen. Insofern muss eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft den Energieverbrauch der Digitalisierung zunächst sichern. Umgekehrt lässt sich aber eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft wegen der Komplexität ihrer Wechselwirkungen nur durch IT und KI effektiv realisieren. Zusammengefasst gilt also: Digitalisierung durch nachhaltige Kreislaufwirtschaft und nachhaltige Kreislaufwirtschaft durch Digitalisierung!

Was lernen wir aus der Dynamik komplexer Systeme?

Zusammenfassend stellen wir fest: Die Theorie komplexer dynamischer Systeme untersucht Selbstregulation in nichtlinearen Prozessen von Natur und Gesellschaft. Als Beispiele seien die Herausforderungen der Globalisierung, von Umwelt und Klima, Life Sciences und Informationsflut genannt. Veränderungen, Krisen, Chaos, Innovations- und Wachstumsschübe werden durch Phasenübergänge in kritischen Zuständen modelliert. Ziel sind Erklärungen und Prognosen dieser Prozesse, aber auch Frühwarnsysteme für extreme Störungen. Selbstorganisation ist zwar notwendig, um die zunehmende Komplexität dieser Entwicklung zu bewältigen. Sie kann aber auch zu unkontrollierbarer Eigendynamik und Chaos führen. In komplexen dynamischen Systemen bedarf es daher Monitoring und Controlling. Die Natur hat uns das in der Evolution der Organismen gezeigt. Das gilt auch für technische, soziale und ökonomische Systeme. Ziel sind nachhaltige Infrastrukturen als Dienstleistung für uns Menschen, die helfen, eine immer komplexer werdende Welt zu bewältigen und lebenswerter zu gestalten. Dazu werden wir eine verantwortungsvolle KI benötigen.

Literaturverzeichnis

- K. Mainzer, Thinking in Complexity. The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind, Springer: New York 5th extended edition 2007
- K. Mainzer, Artificial Intelligence. When do Machines take over, Springer: Berlin 2nd edition 2019

Systemische Risiken und Polykrisen: Die Notwendigkeit eines integrativen Ansatzes

Die deutsche Gesellschaft war in den letzten Jahren einer Reihe schwerer Krisen ausgesetzt. Risikoforscher nennen sie Polykrisen (Homer-Dixon et al. 2021; Homer-Dixon und Rockström 2024). Zuerst kam Corona, dann kamen die wie gehenden Erscheinungsformen des Klimawandels, zum Beispiel Überschwemmungen, Dürren und Waldbrände, der Krieg in der Ukraine, Nahrungsmittelkrisen in der Welt, Inflation, galoppierende Energiepreise, und es werden täglich mehr. Kennzeichnend für Polykrisen ist die gegenseitige Verstärkung verschachtelter, miteinander verbundener Risiken.

So wurden beispielsweise die Lieferketten durch die politischen Maßnahmen zur Bekämpfung der Corona-Pandemie unterbrochen. Darüber hinaus kommt es zu so genannten Dominoeffekten, wenn beispielsweise der Ukraine-Krieg Engpässe bei der Getreideversorgung auslöst. Der Einmarsch Russlands in die Ukraine stürzte die Weltwirtschaft aus dem beginnenden Aufschwung in die Inflation und droht, einen Krieg zwischen den beiden größten Atommächten der Welt auszulösen. Jetzt verstärken sich die Auswirkungen von Kriegen, Pandemien und extremen Wetterbedingungen in

Prof. Dr. Dr. h.c.mult Ortwin Renn
Research Institute for Sustainability –
Helmholtz Center Potsdam (retired)
Risk Governance, Technology
Assessment, Public Participation
Member of Leopoldina, Acatech and
EASA

Indien, China, Afrika und Europa gegenseitig und führen zu Engpässen in der Nahrungsmittelversorgung und zunehmendem Hunger auf dem gesamten Planeten (Trabucco 2022).

Jede Krise - ob politisch, epidemiologisch, militärisch, wirtschaftlich oder ökologisch - zwingt die Gesellschaft dazu, ihre alltäglichen Vorstellungen davon, was normal und was in naher Zukunft zu erwarten ist, neu zu definieren und umzugestalten. In einem Moment erschüttert eine Pandemie die Grundfesten der Gesellschaft, im nächsten ist der Fortbestand der liberalen Demokratien ernsthaft in Frage gestellt, und dann sind es wieder politische Krisen.

Wesentliche Merkmale der heutigen Polykrisen sind (WPKS 2023):

- Mehrere parallele Krisen, die sich gegenseitig beeinflussen und verstärken. Die Klimakrise ist nur eine unter vielen, aber eine besonders starke,
- Das Fehlen von dominanten Lösungen, die in allen Kriterien besser abschneiden als alternative Handlungsmöglichkeiten,
- Die Notwendigkeit eines umfassenden systemischen Verständnisses der Wechselwirkungen zwischen sozialen, natürlichen, technologischen und kulturellen Bereichen,
- Die Notwendigkeit, Zielkonflikte klar zu erkennen und angemessene und ethisch vertretbare Kompromisse zu schließen, die ein hohes Maß an Widerstandsfähigkeit aufweisen, insbesondere gegenüber bestehenden und künftigen Krisen,
- Verzicht auf eindimensionale Optimierungen, da diese in der Regel mit unverhältnismäßigen Verlusten bei anderen (ebenso wichtigen) Kriterien verbunden sind,
- Die Notwendigkeit einer ungeschminkten Kommunikation, die die Zielkonflikte anspricht,
- Die Notwendigkeit der Einbeziehung von Interessenvertretern und der betroffenen Bevölkerung in die Abwägung von Zielkonflikten und die Suche nach gemeinsamen Lösungen, ohne wertvolle Zeit zu verlieren.

Das analytische Instrument zum Verständnis von Polykrisen: das Konzept des systemischen Risikos.

Betrachtet man die globalen ökologischen, ökonomischen und soziokulturellen Transformationsphänomene, die wir oben mit der Einführung des Begriffs Polykrise charakterisiert haben, genauer, so entdeckt man eine Reihe von miteinander verknüpften und sich gegenseitig beeinflussenden Risiken, denen nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt wird und die die relevanten Akteure wie Regierungen, Wirtschaftsunternehmen oder zivilgesellschaftliche Gruppen weltweit vor große Probleme stellen, zu regeln und auf ein akzeptables Maß zu begrenzen.

Diese schleichenden Risiken, die das Wohlergehen der Menschen bedrohen, lassen sich mit dem Begriff der systemischen Risiken umschreiben (Renn et al. 2021; Renn 2020). Die bisher üblichen Ursache-Wirkungs-Modelle greifen in einer Welt, die durch systemische Wechselwirkungen zwischen vermeintlich unabhängigen Risikoquellen gekennzeichnet ist, immer weniger. Dies gilt für die Welt als Ganzes, aber ebenso für ihre zahlreichen Subsysteme. Alltägliche Phänomene in Natur, Technik und Gesellschaft können deshalb nur verstanden werden, wenn sie als dynamische Prozesse in komplexen Systemen betrachtet werden. Statt der linearen Vervielfältigung einzelner Datensätze rücken zunehmend systemische Zusammenhänge in den Mittelpunkt der Analyse. Dies gilt prinzipiell für alle Systeme und Prozesse, sei es in Natur, Technik, Medizin, Wirtschaft oder Gesellschaft. In besonderem Maße ist die systemische Sichtweise für die Risikoforschung relevant, bei der technische, natürliche und sozioökonomische Prozesse mit gesellschaftlichen Reaktions- und Diskursprozessen interagieren.

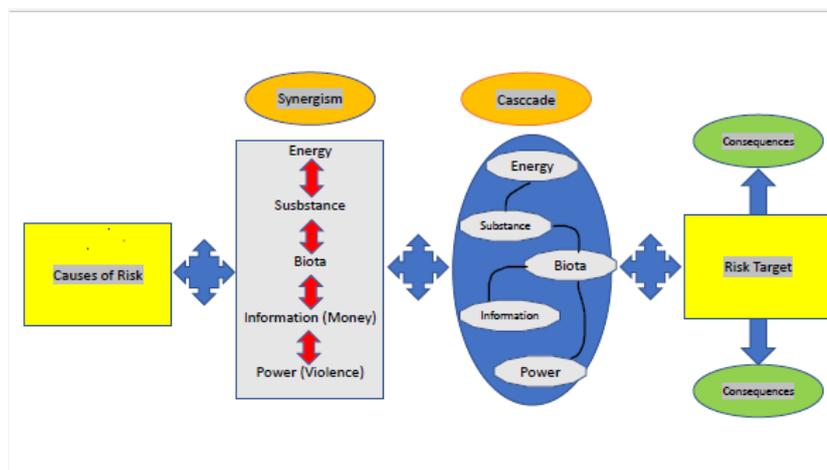
Dementsprechend werden diese Risiken in der Literatur als "systemische Risiken" bezeichnet und umfassen unter anderem die globale Erwärmung und die damit verbundene Häufung von Extremereignissen, den Ausbruch von Zoonose-Krankheiten, den Rückgang der biologischen Vielfalt, die zunehmende wirtschaftliche Ungleichheit, die Instabilität des Finanzsystems, ideologischen Extremismus, Cyberangriffe, zunehmende soziale und politische Unruhen und geopolitische

Ungleichgewichte (Schweizer 2021). Die meisten dieser systemischen Risiken sind schwerwiegender, störender und gefährlicher geworden als in früheren Jahrzehnten. Die Risikoforschung hat dies als Risikoverstärkung bezeichnet. (Kasperson et al. 1988) Und in den meisten Fällen nehmen auch die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß dieser Risiken heute schneller zu als in der Vergangenheit.

Das Zusammenspiel der Risikoträger: eine weitere Abstraktionsebene

Die Notwendigkeit, die Interdependenzen zwischen systemischen Risiken in verschiedenen globalen Kontexten abzubilden, kann leicht zu den üblichen Spaghetti-Diagrammen führen, die versuchen, komplexe Kausalzusammenhänge zu veranschaulichen, aber möglicherweise einige entscheidende Verbindungen übersehen, die bei genauerer Untersuchung einen dominanten Einfluss haben, andere überbetonen, die in der realen Welt nur schwache Verbindungen aufweisen, oder Kausalzusammenhänge vorschlagen, die alle plausibel sind, aber letztlich alles mit allem verbinden. Um sich besser auf die Art solcher Zusammenhänge konzentrieren zu können und analytisch präzise zu sein, kann es hilfreich sein, die wichtigsten Akteure zu identifizieren, die das Potenzial haben, Schaden zu verursachen, und sich darauf zu konzentrieren, wie sie mit anderen interagieren.

Im Rahmen der systemischen Risiken wurde ein solcher Ansatz der Isolierung der Hauptrisikoträger in mehreren Veröffentlichungen vorgeschlagen und untersucht (Renn et al. 2022, SAPEA 2022, Renn 2020, Schweizer et al. 2021). Der Grundgedanke ist, dass sich die potenziell zerstörerische Kraft eines Risikos, unabhängig von seiner Ursache, in drei physischen und zwei sozialen Agenten (Trägern oder Medien) manifestiert. Die physischen Agenten sind: Energie (in all ihren Formen), Substanz (insbesondere toxische Substanzen für Menschen oder Schadstoffe für Ökosysteme) und Biota (Viren, Bakterien, Pilze, etc). Die beiden sozialen Agenten sind: Information (einschließlich Geld) und Macht (einschließlich Gewalt). Der Ablauf einer Polykrise kann im Prinzip in einem einfachen Kausaldiagramm dargestellt werden, das mit den Risikoauslösern beginnt und mit den Folgen in verschiedenen physischen und sozialen Bereichen endet (siehe Abbildung):



Durch irgendeinen Auslöser (Ereignisse wie Erdbeben oder Überschwemmungen und Aktivitäten wie Umweltverschmutzung oder Kriegsführung) wird einer oder mehrere dieser Stoffe freigesetzt. Ein Erdbeben würde kinetische Energie freisetzen, ein technischer Unfall in einer Chemiefabrik giftige Stoffe oder die enge Kopplung von Tieren und Menschen könnte zum Auftreten einer neuen Pandemie führen. Neue Gerüchte (Informationen) über die Leistung eines Unternehmens können dessen Wert verändern und sich auf die Verteilung des Reichtums auswirken, oder die Macht eines autokratischen Systems kann mit gewaltsamen Mitteln ein unabhängiges Land erobern. Diese eindimensionalen Begegnungen zwischen einem Risikoerreger und einem Risikoziel (oder einem risikoabsorbierenden System, wie es in den Veröffentlichungen des IRGC (2018, 2019) genannt wird) stellen vertraute Fälle für herkömmliche Risikobewertungen dar, die die Wahrscheinlichkeit, dass diese Erreger freigesetzt werden, mit dem Ausmaß der Folgen verknüpfen, die diese Erreger bei den exponierten Zielen

verursachen. In einer Polykrisensituation interagieren alle diese Agenzien und verstärken oder schwächen sich gegenseitig.

Es gibt zwei mögliche Wege der Interaktion (Lawrence et al. 2022). Der erste Weg ist die Risikokaskade: Das Erdbeben kann zur Explosion der Chemiefabrik führen, wodurch giftige Stoffe freigesetzt werden, die nicht oder falsch an die gefährdete Öffentlichkeit kommuniziert werden, mit der Folge, dass die verantwortlichen Kommunikatoren ihre Macht verlieren und in dem darauffolgenden Chaos neue Gefahren freigesetzt werden, die z. B. den Klimawandel mit seinen eigenen Folgen verschärfen. Die fünf Agenten interagieren alle auf eine sequenzielle Weise, oft mit mehreren parallelen Sequenzen, die wiederum miteinander interagieren.

Der zweite Weg ist der Risikosynergismus: Zusammenhängende oder nicht zusammenhängende Auslöser setzen gleichzeitig mehrere dieser Agenzien frei, die sich gegenseitig unmittelbar beeinflussen und den potenziellen Schaden verschlimmern. So können beispielsweise das Risiko des Klimawandels und das Risiko des Glaubwürdigkeitsverlustes angesichts des russischen Einmarsches in der Ukraine gleichzeitig zur Freisetzung von Stoffen führen, die zu höheren globalen Temperaturen führen (z. B. CO₂, das bei der Verwendung von Flüssiggas zum Heizen von Häusern freigesetzt wird), und zu einer verzweifelten Kommunikationsstrategie, um den offensichtlichen Widerspruch zwischen dem Kauf von klimaempfindlichem Flüssiggas aus autokratischen Ländern außerhalb Russlands und der Beibehaltung einer Politik des strikten Klimaschutzes zu erklären. Diese wahrscheinlich zum Scheitern verurteilte Kommunikationsstrategie könnte einen Glaubwürdigkeitsverlust der Regierung, eine Machtverschiebung im öffentlichen Diskurs und einen neuen Trend zu populistischen Bewegungen auslösen.

Sowohl Risikosynergismen als auch -kaskaden überschneiden sich und bilden spezifische Interaktionsmuster, die identifiziert, manchmal in mathematischen Modellen formalisiert und, wenn dies nicht möglich ist, in kohärenten Erzählungen eines Polykrisenzyklus übertragen werden können. Die begrenzte Anzahl von Akteuren erleichtert den Vergleich verschiedener Zyklen oder sogar Zyklustypen und bietet ein leistungsfähiges Instrumentarium für die Entwicklung einer abstrakteren und allgemeineren Taxonomie der Polykrise. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind diese konzeptionellen Ideen noch nicht weiter getestet oder auf empirische Fallstudien angewandt worden. Der Ansatz bietet jedoch ein vielversprechendes Potenzial zur Verbesserung unseres Verständnisses von Polykrisen sowie unserer Fähigkeit und Kapazität, Polykrisen wirksamer zu steuern.

Literaturverzeichnis

Homer-Dixon, Thomas und Rockström, Johan (2022): What Happens When a Cascade of Crises Collide? *The New York Times*, November 13.

Lawrence, Michael; Homer-Dixon, Thomas; Janzwood, Scott; Rockström, Johan; Renn, Ortwin & Donges, Jonathan F. (2024): Global Polycrisis: The Causal Mechanisms of Crisis Entanglement. *Global Sustainability*. 2024:1-36. doi:10.1017/sus.2024.1

IRGC - International Risk Governance Center (2018): *IRGC Guidelines for the Governance of Systemic Risks*. Lausanne: EPFL: International Risk Governance Center

IRGC- International Risk Governance Council (2019): *Introduction to the IRGC Risk Governance Framework. Revised Edition*. Lausanne, EPFL International Risk Governance Center

Kasperson, Roger E.; Renn, Ortwin; Slovic, Paul; Brown, Halina. S.; Emel, Jody; Goble, Robert; Kasperson, Jeanne X. und Ratick, Samuel (1988): The Social Amplification of Risk. A Conceptual Framework, *Risk Analysis*, 8 (2): 177-187

Lawrence, Michael; Janzwood, Scott und Homer-Dixon, Thomas (2022): *What Is a Global Polycrisis? And How Is It Different from a Systemic Risk?* Discussion Paper 2022-4. Version 2.0. Cascade Institute.

Renn, Ortwin (2021): New challenges for risk analysts: systemic risks. *Journal of Risk Research*, 2, <https://doi.org/10.1080/13669877.2020.1779787>

- Renn, Ortwin; Laubichler, Manfred; Lucas, Klaus; Schanze, Joachim; Scholz, Roland und Schweizer, Pia-Johanna: Systemic Risks from Different Perspectives. *Risk Analysis*, 42 (9): 1902-1920
- Renn, Ortwin; Lucas, Klaus; Haas, Armin und Jaeger; Carlo (2019): 'Things Are Different Today: The Challenge of Global Systemic Risks'. *Journal of Risk Research* 22 (4):401–15. doi: 10.1080/13669877.2017.1409252.
- SAPEA - Science Advice for Policy by European Academies (2022): *Strategic crisis management in the European Union*. Berlin: SAPEA, <https://doi.org/10.26356/crisismanagement>
- Schweizer, Pia-Johanna (2021): Systemic Risks – Concepts and Challenges for Risk Governance. *Journal of Risk Research* 24 (1):78–93. doi: 10.1080/13669877.2019.1687574.
- Schweizer, Pia-Johanna; Goble, Robert und Renn, Ortwin (2021): Social perception of systemic risks. *Risk Analysis*, 3, <https://doi.org/10.1111/risa.13831>
- Trabucco, D. (2022): The European Union Beyond the Polycrisis? Integration and Politicization in an Age of Shifting Cleavages. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, 283-284, <file:///Users/ortwinrenn/Downloads/12922-Article%20Text-40022-1-10-20220518.pdf>
- WPKS-Wissenschaftsplattform Klimaschutz (2023): Resilienz und Klimaschutz: Herausforderungen für Wissenschaft und Politik. Hintergrundpapier der Wissenschaftsplattform Klimaschutz. WPKS: Berlin, https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Hintergrundpapier_Resilienz_Klimaschutz.pdf

Vielfalt des Denkens zur Regulation menschlicher Systeme

In Gesellschaften rund um die Welt greifen Menschen bewusst oder unbewusst in den Planeten und seine Umwelt ein und verändern deren natürliche Systeme und deren Fähigkeit zur Selbstregulierung. Der heutige rasche Klimawandel ist eines der Ergebnisse der menschlichen Eingriffe. Angesichts der geografischen, klimatischen, kulturellen und sozialen Komplexität auf der Welt müssen innovative Ansätze zur Erhaltung des Lebens auf der Erde die Vielzahl der Dimensionen des Erdsystems widerspiegeln. Innovation erfordert Vielfalt im Denken, um Selbstregulierung zu ermöglichen.

Dr. phil. Mirka Wilderer
 CEO & President of
 Aqueous Vets, USA
 Business/leadership/water
 Member of YPO, GenCEO, IWF

Der Klimawandel ist zwar allgemein anerkannt, doch viele der derzeitigen Bemühungen, eine Trendumkehr zu erwirken, werden in eindimensionalen Anstrengungen innerhalb der etablierten Silos der einzelnen Sektoren vorangetrieben und bleiben hinter den Erwartungen zurück, nachhaltige Verbesserungen zu erzielen. Das überrascht nicht im Geringsten: Da wir immer wieder den gleichen Leuten die gleichen Fragen stellen, erhalten wir natürlicherweise auch die gleichen Antworten und Lösungen. Um unser derzeitiges Denken zu durchbrechen und bahnbrechende Innovationen für den Klimaschutz zu verwirklichen, müssen wir beide Teile dieser Gleichung angehen und Menschen mit unkonventionellem Hintergrund, ungewöhnlichen Erfahrungen und alternativen Perspektiven befähigen, neue Fragen zu stellen. Da das neue Business-as-usual-Umfeld dynamisch, unerwartet und ständig in Bewegung ist, müssen wir an unkonventionellen Orten nach Inspiration suchen. Und es ist erwiesen, dass Innovation in Organisationen entsteht, die sich durch Vielfalt auszeichnen. Dies erfordert aktives Zuhören, die Bereitschaft zu mutigen Gesprächen, kühnes Experimentieren mit ungewohnten Ideen und eine unbegrenzte Neugier, zukünftige Ansätze neu zu überdenken.

Was sind die Vorteile von Vielfalt?

In den letzten Jahren sind Programme zur Förderung von Vielfalt, Chancengleichheit und Integration (Diversity, Equity and Inclusion, DEI) en vogue geworden und gehören zum erwarteten Fokus aller Organisationen. Bei Anlässen wie dem Internationalen Frauentag ist es sehr erfreulich, die vielen Beiträge und Veranstaltungen zu sehen. Gleichzeitig ist es aber auch ernüchternd zu beobachten, wie schnell so viele dieser öffentlichen Erklärungen in den Feeds durch die nächste Modeerscheinung ersetzt werden, so dass das beunruhigende Gefühl entsteht, dass es sich nur um Lippenbekenntnisse handelt. Meiner Meinung nach geht dies am Sinn von DEI vorbei: DEI ist keine Branding-Möglichkeit, sondern eine entscheidende Voraussetzung für die Schaffung einer Mentalität der Widerstandsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit und kontinuierlichen Innovation.

Angesichts dieser Fehldarstellung frage ich mich, wie wir DEI nicht mehr nur als Gelegenheit für Werbe- und Reputationsaktivitäten sehen, sondern wie wir die wahren Vorteile und den Geschäftsnutzen für Unternehmen und Organisationen nutzen können. Was sind die wirtschaftlichen Vorteile von Vielfalt? Im Folgenden finden Sie eine Zusammenfassung der von ChatGPT vorgeschlagenen Fakten und Ergebnisse:

- **Breiterer Talentpool:** Durch die aktive Suche nach vielfältigen Kandidaten für offene Stellen können Unternehmen auf einen größeren und vielfältigeren Talentpool zurückgreifen und erhalten so Zugang zu talentierten und klugen Köpfen.
- **Erhöhtes Einfühlungsvermögen:** Wenn Menschen mit anderen zusammenarbeiten, die anders sind als sie selbst, sind sie gezwungen, alternative Standpunkte und Erfahrungen in Betracht zu ziehen, was zu mehr Empathie und Verständnis führen kann. Dies wiederum kann innovativere Lösungen ermöglichen, die ein breiteres Spektrum an Bedürfnissen und Perspektiven berücksichtigen.
- **Erhöhtes kulturelles Bewusstsein und Verständnis:** Wenn Menschen mit Mitmenschen aus anderen Kulturkreisen interagieren, gewinnen sie ein größeres Verständnis und eine höhere Wertschätzung für andere Sichtweisen.
- **Breiteres Spektrum an Erfahrungen und Wissen:** Wenn Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen und Erfahrungen zusammenarbeiten, können sie auf ein breiteres Spektrum an Fachwissen und Kenntnissen zurückgreifen, was zu umfassenderen und effektiveren Lösungen führen kann.
- **Mehr Kreativität:** Wenn Menschen mit anderen zusammenarbeiten, die anders sind als sie selbst, werden sie mit neuen Ideen und Vorschlägen konfrontiert, die sie zu kreativeren Denkweisen und Ansätzen inspirieren können.
- **Verbesserte Problemlösungsfähigkeit:** Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen und Erfahrungen können Probleme auf einzigartige Weise angehen, was zu einer effektiveren und effizienteren Problemlösung führt. Ihre Zusammenarbeit kann neue Lösungsansätze hervorbringen, die sonst vielleicht nicht in Betracht gezogen worden wären.
- **Bessere Entscheidungsfindung:** Wenn eine vielfältige Gruppe von Menschen beteiligt ist, ist es wahrscheinlicher, dass sie ein breiteres Spektrum von Optionen und Perspektiven in Betracht ziehen, was zu einer besseren Entscheidungsfindung führt.
- **Gesteigerte Innovation:** Wenn Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen und Erfahrungen zusammenkommen, bringen sie eine Vielzahl von Perspektiven und Denkweisen ein, was zu neuen Ideen und innovativen Lösungen für komplexe Herausforderungen führen kann.
- **Bessere Kommunikation und Zusammenarbeit:** Diverse Teams können eine Reihe von Kommunikationsstilen und -ansätzen einbringen, was zu einer effektiveren Zusammenarbeit und Teamwork führen kann.
- **Verbessertes Engagement:** Wenn sich Teammitglieder wertgeschätzt und einbezogen fühlen, ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass sie sich für ihre Arbeit engagieren und einsetzen. Dies kann zu höherer Produktivität und Arbeitszufriedenheit führen, was wiederum dem gesamten Unternehmen zugutekommt. Ein vielfältiger Arbeitsplatz kann ein Gefühl der Zugehörigkeit und der Inklusion schaffen, was zu einer höheren Mitarbeiterzufriedenheit und einem größeren

Engagement führt. Er berücksichtigt die besonderen Bedürfnisse und Anliegen der verschiedenen Gruppen.

Insgesamt sprechen viele Argumente für Vielfalt, wie z. B. ein breiterer Talentpool, mehr Einfühlungsvermögen und kulturelles Bewusstsein, mehr Kreativität und Innovation, bessere Entscheidungsfindung und Problemlösung, bessere Kommunikation und Zusammenarbeit sowie mehr Engagement.

Es scheint, dass die künstliche Intelligenz die wirtschaftlichen Vorteile von Vielfalt, Gleichberechtigung und Integration voll und ganz erfasst hat. Wie können wir sicherstellen, dass die menschliche Intelligenz diesem Beispiel folgt?

Was ist Vielfalt?

Bei der Reflektion über Vielfalt ist es wichtig, die große Vielfalt an Perspektiven zu berücksichtigen, die erforderlich sind, um den Wandel voranzutreiben, von der generationenübergreifenden über die geschlechtsspezifische und interkulturelle bis hin zur funktionsübergreifenden Vielfalt. Dies verdeutlicht die verschiedenen Aspekte der Vielfalt. Im Zusammenhang mit Organisationen bezieht sich Diversität auf die Vertretung verschiedener Gruppen von Menschen innerhalb der Belegschaft. Zu einer vielfältigen Belegschaft gehören Menschen mit unterschiedlichen Hintergründen, Erfahrungen und Perspektiven, die einzigartige Stärken und Talente in das Unternehmen einbringen. Ein Engagement für Vielfalt bedeutet, diese Unterschiede zu schätzen und zu respektieren und ein integratives Umfeld zu schaffen, das die einzigartigen Talente aller Mitarbeiter ungeachtet ihrer Unterschiede unterstützt und nutzt.

Es gibt viele Faktoren, die zur Vielfalt in der Belegschaft beitragen. Dazu gehören:

- Demografische Faktoren: Vielfalt kann durch die Einstellung von Mitarbeitern aus verschiedenen demografischen Gruppen wie Rasse, ethnischer Herkunft, Geschlecht, Alter und sozioökonomischem Status geschaffen werden.
- Ausbildung und Erfahrung: Unterschiedliche Bildungs- und Berufshintergründe können einzigartige Perspektiven und Fähigkeiten an den Arbeitsplatz bringen.
- Geografischer Standort: Die Rekrutierung von Teammitgliedern aus verschiedenen Regionen oder Ländern kann das Team vielfältiger machen und unterschiedliche kulturelle und religiöse Perspektiven und Erfahrungen einbringen.
- Persönliche Merkmale: Vielfalt kann durch die Wertschätzung und Förderung von unterschiedlichen Denkweisen, Kommunikationsstilen und Problemlösungsansätzen geschaffen werden, unabhängig vom demografischen Hintergrund.
- Eingliederung: Eine integrative Politik, Praxis und Kultur tragen dazu bei, die Vielfalt zu erhalten und ein Gefühl der Zugehörigkeit für die verschiedenen Mitarbeiter zu schaffen.

Vielfalt umfasst sowohl sichtbare als auch unsichtbare Unterschiede und kann als Spiegelbild der komplexen und vielschichtigen Natur menschlicher Erfahrungen gesehen werden. Um ein vielfältiges Team zu bilden, muss man sich dazu verpflichten, Unterschiede zu schätzen und zu fördern, aktiv nach Kollegen mit unterschiedlichem Hintergrund zu suchen und diese einzustellen und ein unterstützendes und integratives Umfeld für alle Mitarbeiter zu schaffen.

Diversität als Praxis

Schließlich ist das Führen von disruptiver Innovation durch Vielfalt auch eine Führungspraxis mit den drei Elementen Mut, Neugierde und Gelassenheit.

- Neugierde bezieht sich auf die aktive Entscheidung, unsere eigenen Annahmen zu überwinden und zuzugeben, dass wir nicht alle Erkenntnisse haben.
- Sich auf andere Sichtweisen und Perspektiven einzulassen, erfordert den Mut, sich mit dem Unbequemen anzufreunden.

- In Anbetracht der emotionalen Reaktionen von uns selbst und anderen müssen wir uns bewusst dafür entscheiden, ruhig und gelassen zu sein, insbesondere wenn andere nicht sofort auf unsere Vorschläge eingehen.

Um Vielfalt zu praktizieren, müssen wir uns unserer eigenen Vorurteile und Annahmen bewusst sein, nach unterschiedlichen Perspektiven und Erfahrungen Ausschau halten und unsere Emotionen aktiv steuern, wenn wir uns dafür entscheiden, Inklusivität und Respekt für alle Menschen zu fördern. Innovation durch Vielfalt für eine verbesserte Selbstregulierung erfordert aktives Zuhören, die Bereitschaft zu mutigen Gesprächen, kühnes Experimentieren mit ungewohnten Ideen und eine unbegrenzte Neugier, zukünftige Ansätze zu überdenken.

Aufruf zum Handeln

Anerkannt als eine der 20 einflussreichsten Frauen in der globalen Wasserwirtschaft, stelle ich fest, dass ich zunehmend "bewusst voreingenommen" gegenüber Menschen aus den unterschiedlichsten Lebensbereichen bin. Ich bin mir bewusst, dass ich eine Rolle dabei spielen muss, Chancen zu bieten und eine Welt zu fördern, die Vielfalt wertschätzt. Ich bin der festen Überzeugung, dass sich die Vielfalt der geografischen Gegebenheiten, der gesellschaftlichen Anforderungen und der menschlichen Erwartungen in der Zusammensetzung der Lösungen widerspiegeln muss, die wir zum Schutz unseres Blauen Planeten anbieten.

Die inspirierende Botschaft von Michelle Obama in ihrem Buch "The Light We Carry" (Das Licht, das wir tragen) hat mich sehr beeindruckt. In einer Welt, in der sich so viele von uns als anders und immer noch als "Einziges" in unserer Umgebung fühlen, betont sie, dass jeder von uns ein inneres Licht in sich trägt, etwas ganz Einzigartiges und Individuelles, eine Flamme, die es wert ist, geschützt zu werden. Sie ermutigt uns, eine Gemeinschaft zu suchen, in der "ein Licht das andere nährt" und "eine engagierte Gemeinschaft die anderen entzünden kann". Gemeinsam können wir Lösungen entwickeln, die über unsere individuellen Fähigkeiten und die Reichweite eindimensionaler Perspektiven hinausgehen. Angesichts der geografischen, klimatischen, kulturellen und sozialen Komplexität der Welt müssen innovative Ansätze zur Erhaltung des Lebens auf der Erde die Vielzahl der Dimensionen des Erdsystems widerspiegeln. Innovation erfordert Vielfalt im Denken, um Selbstregulierung zu ermöglichen.

Zu einem besseren Verständnis des Erdsystems durch ein erweitertes Modell des Anthropozäns und die daraus abgeleiteten Regeln für eine angemessene Reaktion.

Die anthropozäne Überformung ist für die Umwelt des Menschen

So wunderbar unsere Erde ist – immer mehr besorgniserregende Veränderungen vom Klimawandel über die Verschmutzung der Ozeane bis zu wachsenden Streit und Krieg belasten unsere Seelen. Der für diese Phänomene der Moderne verwendete Begriff „Anthropozän“²⁰ bezieht sich zunächst einmal auf die Zeitspanne, in der der Mensch sein Umfeld signifikant prägt. Er beschreibt gleichzeitig neben dem Zustand auch die Wirkungen ubiquitären menschlichen Handelns auf unser biologisch – physisches, wie auch im gesellschafts-politischen Umfeld. Es entsteht so ein Verständnismodell oder auch Weltbild, das dazu beiträgt, Folgewirkungen („Lieferketten“) des Handelns zu erkennen und vor allem auch Handlungen vorzuschlagen, um die kritischen Auswirkungen zu überwinden.

Prof. Dr.-Ing. Martin G. Grambow
Bavarian State Ministry for the
Environment and Consumer Protection
Director of the division on
water management and geology
International water management
and water ethics

Die Veränderungen der Welt, die zum Zeitalter des Anthropozäns geführt haben, setzen sich aus beabsichtigten Entwicklungen sowie unbeabsichtigten Nebenwirkungen zusammen. Die beabsichtigten Entwicklungen sind die durch unseren Erfindungsgeist geschaffenen technischen Möglichkeiten vom Bau, der Urbarmachung der Landschaft bis zur Produktion von Gütern. Sie sind in der Summe Ausdruck unserer Kultur und Zivilisation²¹. Die daraus entstandenen negativen Nebenwirkungen, deren prominenteste Vertreter die Emission von Klimagasen und der damit induzierte Klimawandel sind, bedrohen allerdings inzwischen die positive Entwicklung unserer Zivilisation.

Eine Herleitung von drei grundlegenden Wirkmechanismen (primäre, sekundäre und tertiäre Folgen), die in der Summe zu den als Anthropozän beschriebenen Auswirkungen für das Erdsystem führen, soll uns den Weg zu den dringend erforderlichen Antwortstrategien eröffnen. Zu entscheiden sind unter anderem die Fragestellungen, ob wir das Erdsystem aggressiv durch noch weitergehende technische Eingriffe stabilisieren können, ob es genügt, im Sinne der konsistenten und suffizienten Verhaltensänderung den weiteren Einfluss auf das Erdsystem zu verringern oder ob wir aktiv den kritischen menschlichen Einfluss auf das gesamte Ökosystem beziehungsweise das Erdsystem einschließlich seiner Subsysteme soweit zurückzunehmen müssen, dass sich die Systeme wieder selber stabilisieren können (vgl. Theorie der Resilienz²²).

²⁰ P.J Crutzen 2011, „Die Geologie der Menschheit“ (Suhrkamp): Das Anthropozän ist nach dem Nobelpreisträger Paul Crutzen die „...gegenwärtige, vom Menschen geprägte geologische Epoche...“, die erdgeschichtlich dem Holozän folgt. Crutzen weiter: „Solange es nicht zu einer globalen Katastrophe kommt – einem Meteoriteneinschlag, einem neuen Weltkrieg oder einer verheerenden Pandemie etwa – wird die Menschheit auf Jahrtausende hinaus einen maßgeblichen ökologischen Faktor darstellen. Wissenschaftler und Ingenieure stehen vor einer gewaltigen Aufgabe: Sie müssen der Gesellschaft den Weg in Richtung eines ökologisch nachhaltigen Managements des Planeten im Zeitalter des Anthropozäns weisen in Richtung eines ökologisch nachhaltigen Managements des Planeten im Zeitalter des Anthropozäns weisen“

²¹ Im christlichen Kulturkreis legitimiert durch die zeitweise Bibelauslegung, „Seid fruchtbar und mehret euch, füllt die Erde und unterwerft sie [...] „mach dir die Erde untertan“ (Genesis 1, 28s), vgl. in diesem Zusammenhang René Descartes, 1637, Menschen sind „*maîtres et possesseurs de la nature*“, Discours de la méthode et Essais. Charles Adam und Paul Tannery (Hrsg.), Léopold Cerf, Paris 1902, S. 62.

²² B. Walker und D. Salt (2006), Resilience thinking, Island Press

Primäre Auslöser und Folgen für unser Umweltsystem

Primärauslöser des Anthropozäns werden an jedem Ort der Erde, wo Menschen leben, mehr oder weniger direkt verursacht und sind eben dort zu beobachten. Es handelt sich um die zielgerichteten, also durchaus gewollten Kulturleistungen der Urbanisierung, der Landschaftsgestaltung und der Produktion – jeweils einschließlich ihrer ungewollten oder in Kauf genommenen unangenehmen Nebenwirkungen.

Physikalische Veränderungen der Landschaft: Die Landschaft in größten Teilen Europas ist zur Kulturlandschaft hin verändert. In Europa sind durch die Urbarmachung 2/3 der Wälder²³ und ca. 84 % der Feuchtflächen²⁴ in landwirtschaftliche Nutzfläche oder Siedlungs- und Verkehrsflächen verwandelt worden. U.a. gibt es kaum noch Oberflächengewässer von Bedeutung, die nicht vom Menschen verändert – begradigt, eingedeicht, ausgebaut, gestaut – wurden. Ein Rückversetzen in ursprüngliche (holozäne) Zustände ist weder wünschenswert noch realistisch. Es scheint allerdings, dass wir ein Optimum zwischen wirtschaftlicher Nutzung und ökologischer Verträglichkeit erreicht und inzwischen überschritten haben²⁵. Damit einher geht die Veränderung der Biozöosen: Die Biozöosen der Landschaft haben durch diese und andere menschliche Einflüsse eine sehr weitreichende Wandlung vollzogen. Viele Lebensräume, vor allem auch im Untergrund und den Gewässern, sind nachhaltig verändert und damit auch die Biomatrix („Artensterben“). Zusätzliche Beeinflussung erfolgt durch den

Einfluss synthetischer (Schad-)Stoffe: Die Entropievergrößerung durch Chemikalien (Produktion und Konsum sowie Abfallprodukte) belastet die regionalen Ökosysteme, mittlerweile aber auch die globalen Ökosysteme zunehmend.

Mittelbare- oder sekundäre Auslöser und Folgen

Als *Sekundärauslöser und -folgen* (des Anthropozäns) sollen all jene Phänomene verstanden werden, die

- aus der Aufsummierung flächiger und langanhaltender Folgen (impact) der primären Auslöser entstehen, die
- überörtlich, d.h. auch außerhalb der ursprünglichen Entstehungsgebiete und
- nachhaltig auf parallel und übergeordnete Systeme wirken und damit
- für das Erdsystem und relevante Subsysteme ihrerseits wiederum maßgebliche Auswirkung haben.

Solche Effekte sind insbesondere der Klimawandel und das diffuse Artensterben und deren jeweilige weitere Konsequenzen wie Wassermangel, Resilienzverlust durch Zusammenbruch stabilisierender Biotope (Wälder, Riffe). Die Übergänge zwischen Primär- und Sekundärfolgen können fließend sein.

Tertiäre Effekte: Dynamischer Wissenszuwachs und Respekt vor komplexen Systemen (οἶδα οὐκ εἰδώς)²⁶

Eine vernünftige Einschätzung des Anthropozän und eine adäquate Strategie zur Abwehr ungewollter Veränderungen erfordert wegen des inzwischen stattgefundenen tiefen Eingreifens in das riesige, komplizierte und komplexe Erdsystem neben dem Verständnis der primären und sekundären Auslöser und Folgen auch noch eine Reflexion über unseren (Un-)Wissensstand und die Risiken komplizierter

²³ H.-R. Bork et al., Umweltgeschichte Deutschlands, 2020

²⁴ E. Fluet-Chouinar et al.: *Extensive global wetland loss over the past three centuries*, Zahlenwert bezogen auf Deutschland, Nature Vol. 614, Seite 281 ff., 2023

²⁵ Indikatoren sind der Artenschutz und der gute Zustand der EU-Wasserrahmenrichtlinie.

²⁶ Sokrates' *„ich weiß, dass ich nicht weiß“*, also bekanntes Nicht-Wissen“ als wichtiger Teil des Wissens

und komplexer Entwicklungen. Hier haben wir mit drei Phänomenen zu kämpfen:

4. Wir haben unsere vitalen Systeme und ihr komplexes Zusammenwirken bei weitem nicht vollständig verstanden. Damit fehlt teilweise das Wissen über deren positive Effekte auf das gesamte Ökosystem und wächst das Risiko, dass beschädigte Systeme Folgelasten auslösen.
5. Wir haben die negativen Wirkungen unserer primären und sekundären Auslöser höchstens zum Teil verstanden. Deshalb tauchen alle paar Monate wieder neue Bewertungen lange existierender chemischer Substanzen oder Wirkzusammenhänge in biologischen Prozessen auf.
6. Die Wechselwirkung aus mangelhaftem Verständnis der bestehenden Systeme und fortschreitenden anthropogenen Veränderungen mit den primären und sekundären Folgen potenziert die Wahrscheinlichkeit nicht-resilienter Entwicklungen.

Grundlegende Vorschläge zum vernünftigen Umgang mit der Erkenntnis des Anthropozäns

Im Anthropozän haben wir nicht nur die Entwicklung der Welt maßgeblich beeinflusst, sondern implizit die Verantwortung für die Zukunft geerbt. Mutter Natur kann uns nicht mehr durch ihre Selbstregulationskräfte „retten“, die Spielregeln für unser Überleben hängen zunehmend von unserem Verhalten ab. Mit jedem unserer kollektiven Eingriffe wird die Systemresilienz geschwächt und es wächst die Gefahr von Nebenwirkungen. Die weitere Entwicklung dieses aus anthropogenen Interessen überformten Erdsystems muss inzwischen als kritisch eingeschätzt werden. Das kann – siehe den Klimawandel - fatal enden und ist aus ethischer Sicht wohl unverantwortlich.

Diese Erkenntnis führt nun bei einigen Charakteren zu einer erneuten Hybris, man (homo sapiens) sei schöpfergleich und könne mit weiteren technischen Maßnahmen die Erde aktiv steuern (großflächiger Einsatz von Geoengineering). Nicht viel besser ist die mental schlichte Erwartung, das Ökosystem oder auch der Schöpfer müsse sich unter diesen Umständen halt etwas einfallen lassen oder hätte längst einen Plan B.

Sowohl die Wissenschaft²⁷ als auch die Ethik²⁸ kommen zu einer anderen Erkenntnis: Wir müssen dadurch Verantwortung übernehmen, dass wir unser Handeln im Rahmen der ökologischen Grenzen gestalten! Maßstäbe für die Zukunftssicherheit ist die Nachhaltigkeit und die Systemresilienz.

Im jetzigen Zustand scheinen wir diese Resilienz überfordert zu haben. Um eine Zerstörung des Systems durch exponentielle Verschlechterung zu verhindern, ist zu raten:

- g. Wir sollten die unzähligen Zeichen für kritische Systemveränderungen endlich ernst nehmen. Gerade das Wissen um unsere unvermeidbaren Unsicherheiten oder Unwissen verlangt einen verantwortungsvollen Umgang mit den daraus resultierenden Risiken. Ein „Weiter wie Bisher“ ist unter Risikoaspekten ethisch und ökonomisch unverantwortlich²⁹.
- h. Unsere technischen Entwicklungen und ihre ubiquitäre Anwendung haben zu einer Art unbeabsichtigten, „induzierten Geoengineering“ geführt. Die rein technischen Antworten zur Systemstabilisierung durch global angewandtes Geoengineering sind denkbar, aber nach heutigem Wissen weder sicher wirksam noch sicher beherrschbar. Dennoch sind dazu die

²⁷ Insbesondere James Lovelock, *The Revenge of Gaia: Earth's Climate Crisis & The Fate of Humanity*, 2007 und E.U. Weizsäcker et al., *Wir sind dran. Club of Rome: Der große Bericht: Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen. Eine neue Aufklärung für eine volle Welt*, 2017

²⁸ Insbesondere Papst Franziskus, *Laudato Si: Gelobt seist du, die Umwelt-Enzyklika des Papstes*, 2015 und *Laudate Deum, An alle Menschen guten Willens über die Klimakrise*, 2023

²⁹ Hans Jonas, *Das Prinzip der Verantwortung, Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, 2020

vorhandenen Techniken einer kritischen Diskussion zu unterziehen und schnell verbindliche nationale und internationale Regeln aufzustellen³⁰.

- i. Die deutlich kohärentere Reaktion liegt darin, die anthropogenen Einflüsse auf das Ökosystem soweit zurückzufahren, dass sich das System wieder selber stabilisieren kann.
 - Dies ist durch Vermeidung weiterer Eingriffe sowie proaktiv durch flächendeckende Maßnahmen in Stadt und Land zur Landschaftsregeneration zu erreichen.
 - Positive Beispiele sind die Vorgehensweisen der EU-Umweltpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie, European Green Deal) oder auch die aktuellen Wasserstrategien in Deutschland (Regenerierung des Landschaftswasserhaushalts).
 - Die Hoffnung liegt in der flächendeckenden Anwendung und Kombination von technisch bekannten und machbaren Maßnahmen wie erweiterter Abwasserreinigung, Chemikalienvermeidung, Zero-Emission, Klimagasvermeidung, Heckenstrukturen, Uferstreifen, Restwasser, Erosionsverhinderung, Biotoperhaltung, Waldumbau hin zu natürlicheren Wäldern usw., durch die ein „verantwortungsbasiertes Geoengineering“ entsteht.
- b. Dies ist durch Vermeidung weiterer Eingriffe sowie proaktiv durch flächendeckende Maßnahmen in Stadt und Land zur Landschaftsregeneration zu erreichen.
- c. Positive Beispiele sind die Vorgehensweisen der EU-Umweltpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie, European Green Deal) oder auch die aktuellen Wasserstrategien in Deutschland (Regenerierung des Landschaftswasserhaushalts).
- d. Die Hoffnung liegt in der flächendeckenden Anwendung und Kombination von technisch bekannten und machbaren Maßnahmen wie erweiterter Abwasserreinigung, Chemikalienvermeidung, Zero Emission, Klimagasvermeidung, Heckenstrukturen, Uferstreifen, Restwasser, Erosionsverhinderung, Biotoperhalt, Waldumbau hin zu natürlicheren Wäldern usw., durch die ein „verantwortungsbasiertes Geoengineering“ entsteht.
- j. Besonderes Augenmerk ist auf die Stabilisierung des terrestrischen Wasserhaushalts, des Bodens und der Wälder zu richten³¹.
- k. Parallel müssen im nationalen Interesse die Forschung und Entwicklung auf diesen Gebieten vorangetrieben werden. Dies betrifft insbesondere den Wasserhaushalt, der Grundlage für jedes resiliente Ökosystem ist sowie die Bodenforschung ist.
- l. Investitionen in permanente Erkenntniszugewinne und daraus folgende Korrekturen der systemrelevanten Maßnahmen zur bewussten Steuerung des Anthropozän sind eine Daueraufgabe! Jeder heute als gut angenommene Zustand kann morgen durch Wissenszuwachs wieder herabgestuft sein. Die Effekte des Anthropozän halten an, mit der Folge, dass damit der Belastungsdruck zunimmt.

Literaturverzeichnis

Adam, C. und Tannery, P. (Hrsg.) (1902), über René Descartes, 1637, Discours de la méthode et Essais. Léopold Cerf, Paris, S. 62.

Bork, H.-R. et al. (2020), Umweltgeschichte Deutschlands, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61132-6>, Springer Berlin, Heidelberg

Crutzen, P. J. (2002): Geology of mankind. – Nature, 415(6867): 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>

Fluet-Chouinar, E. et al. (2023): Extensive global wetland loss over the past three centuries, Zahlenwert bezogen auf Deutschland, Nature Vol. 614, Seite 281 ff.

³⁰ Institute for Advanced Studies TU München und IESP e. V., Zugspitze Declaration: Dealing Wisely with the Planet, Zugspitzerklärung, 2008

³¹ So scheint der globale Erhalt der natürlichen Grundwasserstände eine zentrale Bedeutung zu haben.

Grambow, M.; Feustel, M.; Manz, E.; Arzet, K.; Hafner, T.; Korck, J. (2020): Die Wasserpolitik im Anthropozän; Korrespondenz Wasserwirtschaft; Nr. 7 2020; Deutsche Vereinigung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Hennef; Verbandszeitschrift

Institute for Advanced Studies TU München, IESP e. V. (2008): Zugspitze Declaration: Dealing Wisely with the Planet, Zugspitzerklärung

Jonas, H. (2020): Das Prinzip der Verantwortung, Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation

Lovelock, J. (2007): The Revenge of Gaia: Earth's Climate Crisis & The Fate of Humanity, Basic Books

Lovelock, J. (2009): The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning, Basic Books

Papst Franziskus (2015): Laudato Si: Gelobt seist du, die Umwelt-Enzyklika des Papstes

Papst Franziskus (2023): Laudate Deum: An alle Menschen guten Willens über die Klimakrise

Walker, B., Salt, D. (2006), Resilience thinking, Island Press

Weizsäcker, E. U. et al. (2017): Wir sind dran. Club of Rome: Der große Bericht: Was wir ändern müssen, wenn wir bleiben wollen. Eine neue Aufklärung für eine volle Welt

Diskussion

Fragen von Peter Wilderer: In seinem Beitrag erklärt Martin Grambow, dass der Begriff „Anthropozän“ nicht nur als Zeitabschnitt im Weltgeschehen zu begreifen ist. Der Begriff steht nach dem Vorschlag des Autors auch für eine philosophische Auseinandersetzung und somit als Aufforderung zum ethisch-moralischen Handeln. Das daraus resultierende verantwortungsvolle Handeln wäre dann als eine grundlegende Verpflichtung der Menschheit mit all ihren Facetten zu verstehen und ist somit auch ein wichtiger Beitrag zur anthropogenen Regulation. Sollte diese Annahme richtig sein, wäre es hilfreich, wenn die doppelte Bedeutung des Begriffs „Anthropozän“ noch etwas genauer erläutert und vertieft würden.

Diese globale Aufforderung zum verantwortungsvollen Handeln wird in dem Beitrag mit einem nachhaltigen „Geoengineering“ in Verbindung gebracht. Dieser Begriff mag griffig erscheinen, passt allerdings nicht so recht in den Kontext, weil „Engineering“ als Anwendung wissenschaftlicher Prinzipien und mathematischen Methoden zur Lösung praktischer Probleme zu verstehen ist. Gehören dazu auch gesellschaftlich, wirtschaftliche und staatliche Problemstellungen? Und sind in Verantwortung und Nachhaltigkeit in dieser Definition a priori verankert in dem Begriff „Geoengineering“? Es wäre also hilfreich, wenn der Autor sich zu diesen offensichtlich widersprüchlichen Sinngehalten mit einer kurzen Klarstellung äußern würde.

Antwort von Martin Grambow: Ich denke, Anthropozän ist zunächst tatsächlich nur eine Zustands- und Prozessbeschreibung: im Anthropozän wurden bestimmte Prozesse (Verschmutzung, Überformung) angestoßen, die zu kritischen Veränderungen führen. Zusammen mit dem Wissen zur Nachhaltigkeit und zu Resilienz ergeben sich aus dem Anthropozän aber tatsächlich auch Imperative zum kollektiven Handeln.

Das führt auch zum zweiten Teil der wichtigen Frage von Peter Wilderer, zur Verwendung und Weiterentwicklung des Begriffes des Geoengineerings. Hier ist meines Erachtens die Diskussion noch nicht abgeschlossen (siehe auch die Ausführungen von Wolfram Mauser). Ich neige dazu, sowohl Kulturtechniken, die, global eingesetzt, signifikante globale Veränderungen (z.B. auf das Erdklima oder die Arten) erzeugen als „unbeabsichtigtes Geoengineering“ zu bezeichnen. James Lovelock dazu: *„If geoengineering is defined as purposeful human activity that significantly alters the state of the Earth, we became geoengineers soon after our species started using fire for cooking, land clearance,*

and smelting bronze and iron” (Lovelock, 2009, S. 139ff). So eine Definition stört in zugegebener Weise die reine Lehre des „Engineering“, die zunächst nur die räumlich begrenzte und beabsichtigte Wirkung im Auge hat. Wenn jedoch bekannt ist, dass die Anwendung einer bestimmter Kulturtechnik letztendlich das Klima negativ beeinflusst, zum Artensterben führt oder den Boden zerstört, und ich es dennoch zulasse – betreibe ich dann nicht doch Geoengineering? Und umgekehrt, wenn wir nun neue oder verbesserte Kulturtechniken entwickeln – z.B. abbaubares Plastik oder öko- und klimawirksamere Waldwirtschaft – mit dem Neben- oder gar Hauptziel, die Auswirkungen des Anthropozäns in eine konsistente, nachhaltige Richtung zu entwickeln – wie nennen wir dann so ein Handeln? Geokonsistent? Natürliches Geoengineering?

Hier sollten wir uns noch auf die richtigen Begriffe einigen. James Lovelock schlägt eine weitere Definition des Geoengineering vor, dem ich mich persönlich durchaus anschließen kann: *„Geoengineering methods fall into three main categories: physical means of amelioration such as the manipulation of the planetary albedo; physiological geoengineering that includes tree planting, the fertilization of ocean algal ecosystem with iron ... and, finally, active or Gaian geoengineering that involves the use of the Earth’s ecosystem to power the process, or to change the nature of climate feedback from positive to negative”* (Lovelock ebenda S 141).

Und ja, selbstverständlich sind diese Fragen mit allen *gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und staatlichen Problemstellungen* verknüpft. Wir haben doch nur zum Teil ein Erkenntnisproblem; überwiegend haben wir ein gesellschaftlich, wirtschaftlich, politisch getriebenes Umsetzungsproblem.

Peter Wilderer zu einer ganz anderen Erscheinungsform des Geoengineering: Sind Maßnahmen zur Bekämpfung invasiver Organismenarten als eine andersartige Form des Geoengineerings zu verstehen? Gemeint ist die Bekämpfung von Neophyten und Neozoen mit technischen oder chemischen Mitteln. Im Gegensatz dazu wäre die Einwanderung gebietsfremder Arten als Ergebnis der Selbst-Regulierung hinzunehmen. Beobachtungen wäre in diesem Fall ein Indiz für die natürliche Anpassung an den Klimawandel, der zu begrüßen wäre, auch wenn damit als Folge ein oft als schmerzlicher Zwang zur Abkehr von wirtschaftlichem Gewinn verbunden ist.

Es ist dringend notwendig, den Schutz der bestehenden Naturwälder proaktiv anzugehen.

Vieles von dem, was wir heute über Wälder wissen, wussten schon unsere Vorfahren in grauer Vorzeit. Wälder sind Quellen für Nahrung und Medizin; sie liefern Holz zum Bauen und Heizen von Häusern und Sauerstoff zum Atmen. Der moderne Mensch sollten diese Funktionen des Waldes ebenso gut verstehen - er ist Teil unserer Wirtschaft und unseres Handels. Mit der Entwicklung der Wissenschaft haben die Menschen jedoch grundlegend neue und äußerst wichtige Informationen über den Wald erhalten. Diese neuen Informationen werden nun allmählich zum Allgemeingut. Ihre Verinnerlichung hat aber noch einen langen Weg vor sich.

Anastassia M. Makarieva, PhD
Theoretical Physics Division, St. Petersburg
Physical/biological bases of life stability
Fellow: TUM IAS, Munich
2008 UNESCO-RAS Prize
Edit. Board: Journal Atmosphere (ECSA)

Es stellte sich heraus, dass Wälder und andere natürliche Ökosysteme im Vergleich zu den Vorgängen in der unbelebten Natur einen enormen Einfluss auf die Umwelt und das Klima haben. Einer der ersten, der sich zu Beginn des letzten Jahrhunderts intensiv mit diesem Thema befasste, war der, aus der Ukraine stammende Geochemiker Vladimir Vernadskij. Nach Vernadskij sind lebende Organismen eine

"riesige geologische Kraft" (oder sogar "die geologische Kraft" schlechthin), die die Bedingungen ihrer eigenen Existenz in der Biosphäre bestimmt (Vernadskij 1998).

Die von Vernadskij erstmals dargelegten Schätzungen der enormen Auswirkungen des Lebens auf die Umwelt wurden später von internationalen Wissenschaftsteams bestätigt, die sich moderner Methoden zur Untersuchung der Erde, einschließlich Satellitendaten, bedienen. So wurde beispielsweise festgestellt, dass terrestrische Ökosysteme, vor allem Wälder, für den größten Teil der Verdunstung an Land verantwortlich sind (Jasechko et al. 2013)³². Die gesamte Sonnenenergie, die von der Landvegetation für die Evapotranspiration genutzt wird, übersteigt die Leistung der modernen Zivilisation um mehr als das Hundertfache (Gorshkov 1995).

Im Allgemeinen kann ein großer Einfluss konstruktiv oder destruktiv, stabilisierend oder destabilisierend sein. Es wurde jedoch festgestellt, dass natürliche Ökosysteme auf nicht zufällige Weise mit ihrer Umwelt interagieren. Der russische theoretische Physiker Victor Gorshkov analysierte die verfügbaren multidisziplinären Beweise für die Wechselwirkung zwischen Leben und Umwelt (von der Geochemie über die Genetik bis hin zur Ökologie) und kam zu dem Schluss, dass es dafür nur eine unumstrittene Erklärung gibt: die biotische Regulierung der Umwelt. Natürliche Ökosysteme regulieren die Umwelt und halten sie in einem für das Leben günstigen Zustand (Gorshkov 1995).

Die gegensätzlichen Prozesse der Synthese und des Abbaus organischer Stoffe dienen als die beiden Hebel der biotischen Regulierung. Pflanzen synthetisieren organische Stoffe, alle anderen Organismen (Bakterien, Pilze, Tiere) bauen sie ab. Aufgrund der enormen globalen Kraft dieser Prozesse hätte schon ein geringes Ungleichgewicht zwischen den Raten der biochemischen Synthese und des Abbaus die lebensfreundlichen Bedingungen auf der Erde in kürzester Zeit zerstören können. Beispielsweise hätte der in der Atmosphäre gespeicherte anorganische Kohlenstoff (Kohlendioxid) in der Größenordnung von 1000 Gigatonnen C (1 Gigatonne entspricht einer Milliarde Tonnen) durch die Biota in nur zehn Jahren um 100 % verändert werden können, denn die globale Synthese- und Abbaurate liegt in der Größenordnung von 100 Gigatonnen C pro Jahr.

Die atmosphärische CO₂-Konzentration hat jedoch ihre Größenordnung über Dutzende und Hunderte von Millionen von Jahren beibehalten! Das bedeutet, dass die natürlichen Ökosysteme in der Lage sind, diese Konzentration in einem für das Leben geeigneten Zustand zu halten und Abweichungen vom Optimum auszugleichen. Mit anderen Worten: Um die Zusammensetzung der Atmosphäre stabil zu halten, müssen die Synthese und der Abbau organischer Stoffe von den natürlichen Biota streng kontrolliert werden.

Gorshkov (1995) zog die entscheidende Schlussfolgerung, dass die Biota, wenn sie kurzfristig starke biogeochemische Flüsse überwachten und synchronisierten, eine starke kompensatorische Reaktion auf die modernen anthropogenen Störungen des globalen Kohlenstoffkreislaufs ausüben müssen. Diese Schlussfolgerung unterscheidet sich von den Implikationen der Gaia-Hypothese, die davon ausging, dass die stabilisierenden biotischen Auswirkungen auf einer geologischen Zeitskala ausgeprägt sind und "extrem langsam im Vergleich zu den gegenwärtigen menschlichen Sorgen" sein können (Lovelock 1986). Die Gaia-Hypothese erkannte, dass die Zerstörung (einiger) natürlicher Ökosysteme die Homöostase des Planeten beeinträchtigen kann. Sie erkannte jedoch nicht, dass die verbleibenden natürlichen Ökosysteme eine starke kompensatorische Reaktion auf die anthropogenen Umweltbelastungen ausüben. Die Vernachlässigung dieser Reaktion führt zu der irreführenden Schlussfolgerung, dass einige Ökosysteme, wie z. B. die borealen Wälder, für das Wohlergehen des Planeten möglicherweise nicht unverzichtbar sind.

Das Konzept der biotischen Regulierung unterscheidet grundsätzlich zwischen Ökosystemen, die ihre klimaregulierende Funktion beibehalten, und solchen, die über ihre Nachhaltigkeitsschwelle hinaus

³² Beim Prozess der Photosynthese öffnen sich die Spaltöffnungen der grünen Blätter, um Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufzunehmen. Während die Spaltöffnungen geöffnet sind, verdunstet Wasserdampf aus dem inneren feuchten Milieu des Blattes in die Atmosphäre. Dieser Vorgang wird als Evapotranspiration bezeichnet. Für jedes gebundene Molekül Kohlendioxid verdampfen mehrere hundert Wassermoleküle.

gestört wurden und ihre klimaregulierende Kapazität verloren haben. Diese Unterscheidung hat es Gorshkov (1995) ermöglicht, das Rätsel der sogenannten "fehlenden Senke" zu lösen, lange bevor diese Lösung in der Mainstream-Literatur anerkannt wurde (Popkin 2015). Die herkömmliche Sichtweise in der Ökologie war, dass natürliche Ökosysteme auf der Grundlage geschlossener biogeochemischer Kreisläufe funktionieren (Odum 1969) und ihre Produktivität nur steigern können, wenn die Konzentration eines limitierenden Nährstoffs zunimmt. Da terrestrische Ökosysteme bekanntermaßen durch Stickstoff und Phosphor begrenzt sind (dieses Wissen stammt aus der Landwirtschaft), konnte niemand erwarten, dass ungestörte Wälder als Reaktion auf die steigenden CO₂-Konzentrationen ihre Produktivität steigern und eine CO₂-Senke bilden könnten. Warum sollten sie auch? Wie könnten sie das, wenn es keinen entsprechenden Anstieg von Stickstoff und Phosphor gibt? Und selbst wenn es zu einem Anstieg der Synthese käme, warum sollte dann nicht auch die Zersetzung zunehmen - zumal sich die Böden erwärmen und die Stoffwechselraten von Bakterien und Pilzen steigen?

Als die atmosphärischen Messungen hinreichend genau wurden, um eine genaue Bewertung des globalen Kohlenstoffkreislaufs zu ermöglichen, und sich herausstellte, dass die bekannten Quellen und Senken nicht übereinstimmen und eine große, unbekannte Senke fehlt, wehrten sich Ökologen und Geowissenschaftler hartnäckig dagegen, zuzugeben, dass diese Senke hauptsächlich durch natürliche Wälder gewährleistet wird (Popkin 2015; Makarieva et al. 2023a).

Im Rahmen der biotischen Regulierung war diese Reaktion ohne Weiteres vorhersehbar. Natürliche Ökosysteme müssen auf den übermäßigen atmosphärischen Kohlenstoff reagieren, indem sie ihn der Atmosphäre entziehen und in einer inaktiven organischen Form speichern. Da es keine vergleichbare Zunahme von Stickstoff und Phosphor gibt, sollte der überschüssige Kohlenstoff in Form von Kohlenhydraten entfernt werden, die keinen Stickstoff und Phosphor enthalten (Gorshkov 1986). Aber nur die Ökosysteme, die ausreichend intakt bleiben (am wenigsten gestört sind), sollten in der Lage sein, eine solche stabilisierende Reaktion durchzuführen. Andere Ökosysteme, wie z. B. Ackerböden, sollten eine Kohlenstoffquelle sein, da ihr Regulationsmechanismus unterbrochen wurde. Genau so sehen die Veränderungen im globalen Kohlenstoffkreislauf aus: Es gibt eine Senke, die durch relativ intakte Wälder (und ozeanische Ökosysteme) gewährleistet wird, und eine Quelle, die durch die Landnutzung und die Nettoabholzung entsteht (Gorshkov 1995).

Daher kann man die anthropogene Störung des globalen Kohlenstoffkreislaufs als ein Experiment im planetarischen Maßstab betrachten, das die Vorhersagen zur biotischen Regulierung bestätigt hat. Dies war ein sehr kostspieliges Experiment für unseren Planeten. Seine Ergebnisse sollten sehr ernsthaft durchdacht und praktische Schlussfolgerungen gezogen werden. Kohlenstoff ist ein wichtiger Bestandteil der Umwelt, der für das Leben wichtig ist, aber er ist nicht der einzige. Wasser ist ein Schlüsselfaktor für das Leben an Land. So wie sie in der Lage sind, den Kohlenstoff zu regulieren, sollten natürliche terrestrische Ökosysteme auch in der Lage sein, den Wasserkreislauf zu regulieren. Diese Regulierung hat zwei Aspekte: zum einen die Regulierung der Wolkendecke und zum anderen die Regulierung des atmosphärischen Feuchtigkeitstransports.

Jüngste Forschungen haben gezeigt, dass natürliche Wälder die Fähigkeit besitzen, die Wolkendecke und den Feuchtigkeitstransport zu verändern und den Wasserkreislauf zu stabilisieren (z. B. O'Connor et al. 2021; Cerasoli et al. 2021; Duveiller et al. 2021; Makarieva et al. 2023b). Wir wissen heute, wie schon Vernadsky am Beginn der 20. Jahrhunderts, dass Ökosysteme einen enormen Einfluss auf die Bewölkung der Erde und die atmosphärische Zirkulation haben - also genau die Faktoren, die als größte Unsicherheitsquelle in aktuellen Klimamodellen gelten (Zelinka et al. 2020). Es wird noch einige Zeit dauern, bis der stabilisierende Charakter dieser Auswirkungen quantitativ präzise nachgewiesen werden kann, so wie es für den Kohlenstoffkreislauf bereits geschehen ist. Wir können warten, bis die entsprechenden Veröffentlichungen eine kritische Masse erreichen, um einen Paradigmenwechsel zu beantragen, während weiterhin Naturwälder zerstört werden. Alternativ können wir die Ergebnisse des "globalen Kohlenstoffexperiments" nutzen und die logische Schlussfolgerung ziehen, dass die natürlichen Wälder einen stabilisierenden Einfluss auf die Wasser Aspekte des Klimas entwickelt haben

müssen, wie sie ihn für den Kohlenstoff entwickelt haben - und dann dringende Maßnahmen ergreifen, um diese effizienten Klimaregulatoren zu erhalten. Dies erfordert, in den Worten von Nassim Nicholas Taleb (2007), "Intellekt, Mut, Vision und Ausdauer".

Sobald wir uns auf den Standpunkt stellen, dass sich natürliche Wälder zur Klimaregulierung entwickelt haben, erkennen wir sofort, dass diese klimaregulierende Kapazität nicht neben kommerziellen Nutzungen maximiert werden kann. Warum eigentlich? Eine maximale Holzproduktion ist nicht mit den komplexen natürlichen Selektionskriterien vereinbar, unter denen sich die lebenserhaltende Wald-Klima-Homöostase entwickelt hat. Ab einem kritischen Störungsniveau sind Wälder nicht mehr in der Lage, das Klima zu stabilisieren und Wasser über die biotische Pumpe an Land und weiter zu den terrestrischen Ökosystemen zu bringen. Plantagen und durch Abholzung gestörte Wälder sind anfälliger für Brände und tragen zur Austrocknung der Landschaft bei, nicht zur Befeuchtung (Laurance & Useche 2009; Bradley et al. 2016; Oliveira et al. 2021; Lindenmayer et al. 2022; Wolf et al. 2023).

Ein bestimmtes und ausreichendes Netz intakter natürlicher Wälder muss von der fortlaufenden Nutzung ausgenommen werden, um ihre gewachsene klimaregulierende Funktion in den Vordergrund zu stellen und Wasser zu den terrestrischen Ökosystemen zu bringen. Wälder, die ihre klimaregulierende Funktion noch besitzen (jetzt oder in relativ naher Zukunft), sind von unersetzlichem Wert. Natürliche Wälder stellen ihre klimaregulierende Funktion während der ökologischen Sukzession vollständig wieder her, was mehr als ein Jahrhundert dauert (d. h. mehrere Lebensspannen von Baumarten). In der gegenwärtigen Klimakrise ist der Verlust der Klimaregulierung durch die bestehenden Naturwälder unwiderruflich.



Künstlerische Darstellung eines naturbelassenen tropischen Regenwalds
(unbekannter Autor)

Ausgewachsene Wälder, bei denen die letzte große Störung lange zurückliegt (alte und altgewachsene Wälder), sind die primären Ziele für eine klimastabilisierende Erhaltung bei gleichzeitigem Schutz anderer wichtiger Werte (proforestation, Moomaw et al. 2019). Regionale, nationale und internationale Zusammenarbeit ist erforderlich, um unser Wohlergehen und das gemeinsame planetarische Erbe der bestehenden klimaregulierenden Wälder zu erhalten. Es ist eine klare und unvoreingenommene interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich, um Gebiete für die

Ressourcenproduktion im Vergleich zu Altwäldern und klimaregulierenden Netzwerken zu identifizieren (Makariewa, Nefiodov & Masino 2023).

Während die Grundlagenforschung vorangetrieben wird, sollte das Vorsorgeprinzip strikt angewendet werden. Jedes Kontrollsystem erhöht seine Rückkopplung, wenn die Störung wächst. Daher sollten die verbleibenden natürlichen Ökosysteme in dem Maße, wie sich die Destabilisierung des Klimas vertieft, eine immer stärkere kompensatorische Wirkung pro Flächeneinheit ausüben. Mit anderen Worten: Der globale Klimapreis für den Verlust eines Hektars Naturwald wächst mit der Verschlechterung der Klimasituation. Wir fordern ein dringendes globales Moratorium für die Ausbeutung der verbleibenden natürlichen Ökosysteme.

Literaturverzeichnis

Bradley, C. M., Hanson, C. T., & DellaSala, D. A. (2016). Does increased forest protection correspond to higher fire severity in frequent-fire forests of the western United States?. *Ecosphere*, 7(10), e01492.

Cerasoli, S., Yin, J., and Porporato, A. (2021). Cloud cooling effects of afforestation and reforestation at midlatitudes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 118, e2026241118. doi: 10.1073/pnas.2026241118

Duveiller, G., Filipponi, F., Ceglar, A., Bojanowski, J., Alkama, R., and Cescatti, A. (2021). Revealing the widespread potential of forests to increase low level cloud cover. *Nat. Commun.* 12, 4337. doi: 10.1038/s41467-021-24551-5

Gorshkov, V. G. (1986). Atmospheric disturbance of the carbon cycle: impact upon the biosphere. *Nuov. Cim. C* 9, 937–952. doi: 10.1007/BF02891905

Gorshkov, V. G. (1995). *Physical and biological bases of life stability: man, biota, environment*. Springer Science & Business Media.

Jasechko, S., Sharp, Z. D., Gibson, J. J., Birks, S. J., Yi, Y., & Fawcett, P. J. (2013). Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. *Nature*, 496(7445), 347-350.

Laurance, W. F., & Useche, D. C. (2009). Environmental synergisms and extinctions of tropical species. *Conservation Biology*, 23(6), 1427-1437.

Lindenmayer, D. B., Bowd, E. J., Taylor, C., & Likens, G. E. (2022). The interactions among fire, logging, and climate change have sprung a landscape trap in Victoria's montane ash forests. *Plant Ecology*, 223(7), 733-749.

Lovelock, J. E. (1986). Geophysiology: a new look at earth science. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67(4), 392-397.

Makariewa, A. M., Nefiodov, A. V., Rammig, A., & Nobre, A. D. (2023a). Re-appraisal of the global climatic role of natural forests for improved climate projections and policies. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, doi:10.3389/ffgc.2023.1150191

Makariewa, A. M., Nefiodov, A. V., Nobre, A. D., Baudena, M., Bardi, U., Sheil, D., et al. (2023b). The role of ecosystem transpiration in creating alternate moisture regimes by influencing atmospheric moisture convergence. *Glob. Change Biol.* 29, 2536–2556. doi: 10.1111/gcb.16644

Makariewa, A. M., Nefiodov, A. V., Masino S. A. (2023c) How to assess and preserve the climate-regulating function of forests for local and global wellbeing. The Eastern Old-Growth Conference, Geneva Point Center, NH USA, 21-23 September 2023.

Moomaw, W. R., Masino, S. A., and Faison, E. K. (2019). Intact forests in the United States: proforestation mitigates climate change and serves the greatest good. *Front. For. Glob. Change* 2, 27. doi: 10.3389/ffgc.2019.00027

O'Connor, J. C., Dekker, S. C., Staal, A., Tuinenburg, O. A., Rebel, K. T., and Santos, M. J. (2021). Forests buffer against variations in precipitation. *Glob. Change Biol.* 27, 4686–4696. doi: 10.1111/gcb.15763

Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development: an understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *Science* 164, 262–270. doi: 10.1126/science.164.3877.262

Oliveira, A., Sande Silva, J., Gaspar, J., Guiomar, N., & Fernandes, P. (2021). Is native forest an alternative to prevent wildfire in the WUI in Central Portugal?

Popkin, G. (2015). The hunt for the world's missing carbon. *Nature*, 523, 20-22.

Taleb, N. N. (2007). *The black swan: The impact of the highly improbable* (Vol. 2). Random house, p. xxiii

Vernadsky, V. I. (1998). *The biosphere*. Springer Science & Business Media.

Wolf, J., Asch, J., Tian, F., Georgiou, K., & Ahlström, A. (2023). Canopy responses of Swedish primary and secondary forests to the 2018 drought. *Environmental Research Letters*, 18(6), 064044.

Zelinka, M. D., Myers, T. A., McCoy, D. T., Po-Chedley, S., Caldwell, P. M., Ceppi, P., et al. (2020). Causes of higher climate sensitivity in CMIP6 models. *Geophys. Res. Lett.* 47, e2019GL085782. doi: 10.1029/2019GL085782

Diskussion

Anmerkung von Erica Gies, USA, Wissenschafts-Journalistin: *Es fällt mir schwer zu erklären, inwiefern intakte Ökosysteme einen überragenden Einfluss auf das Klima haben. Für politische Entscheidungsträger wäre es hilfreich, wenn es eine Möglichkeit gäbe, nicht nur das in Ökosystemen gespeicherte Kohlendioxid-Äquivalent zu quantifizieren, sondern auch die Auswirkungen auf das Klima durch die Kühlung von Pflanzen und Böden, den Wasserkreislauf usw. Mir ist klar, dass es sich hierbei um eine aufstrebende Wissenschaft handelt - darum geht es in meinem Artikel in Nature Water. Aber ich frage mich, ob Anastassia oder jemand anderes auf eine umfassendere Quelle verweisen kann?*

Ein allgemeiner Datenpunkt ist, dass etwa 20 Prozent der derzeitigen Treibhausgasemissionen aus Landnutzungsänderungen stammen. Also, aus Abholzung, Bodenbearbeitung usw., die gespeicherten Kohlenstoff freisetzen.

Was die Bindung in natürlichen Ökosystemen betrifft, so gibt es Studien, die zeigen, dass Mangroven in Indonesien dreimal mehr Kohlenstoff speichern als die Wälder des Amazonasgebiets oder ähnliches. Aber gibt es eine globale Buchführung über die gesamte Speicherkapazität? Oder die Fähigkeit wiederhergestellter Ökosysteme, Kohlenstoff zu speichern (im Gegensatz zu teuren, noch nicht erprobten Technologien)?

Und gibt es eine Möglichkeit, die positiven Auswirkungen des Wasserkreislaufs auf das Klima in Zahlen zu fassen und mit diesen Kohlenstoffbilanzen zu vergleichen?

Antwort von Anastassia Makarieva: Es wäre für Wissenschaftskommunikatoren und politische Entscheidungsträger hilfreich, über eine Quelle mit systematischen Beweisen zu verfügen, z.B. dass Primärwälder widerstandsfähiger gegen Dürren sind als Sekundärwälder, dass die einheimische Vegetation verheerende Brände verhindert und kühlende Wolken erzeugt, dass sich intakte Wälder bei der globalen Erwärmung weniger stark erwärmen als nicht intakte, und so weiter.

Damit solche Beweise jedoch in die von Fachleuten überprüfte wissenschaftliche Literatur einfließen können, ist ein Paradigmenwechsel erforderlich. Und dabei geht es nicht um CO₂. Es geht es darum, wie die moderne Wissenschaft die Wechselwirkung zwischen Leben und Umwelt betrachtet. Das derzeitige Paradigma, das sich auf Anpassung und Begrenzung als Schlüsselkonzepte stützt, sieht solche Beweise nicht vor, sondern widersetzt sich ihnen aktiv, so dass sie verstreut bleiben. (Ein auffälliges Beispiel für einen solchen Widerspruch ist, das "Odum-Paradoxon".)

James Lovelock, der Gaia vorschlug, hatte dank seiner Weltraumstudien und der Möglichkeit, unseren Planeten als Ganzes zu sehen, eine ganzheitliche Sichtweise. Victor Gorshkov, der das Konzept der biotischen Regulierung formulierte, hatte eine umfassende Sichtweise eines Physik-Theoretikers, der

Jahre in der russischen Wildnis verbrachte. Richard Dawkins, einer der sichtbarsten Gegner der Idee, dass intakte Ökosysteme das Klima regulieren, ist ein Evolutionsbiologe.

Die moderne Evolutionsbiologie, die auf dem "Überleben des Stärkeren" basiert, ist umweltfeindlich. Das "Überleben des Stärkeren" ist keine Tautologie, wie es scheinen mag ("der Stärkere ist derjenige, der überlebt"). Es enthält eine sehr starke Aussage: Es gibt immer jemanden ("der Stärkste"), der überlebt! Wenn man das Überleben postuliert, braucht man sich nicht mehr um die Umweltzerstörung zu kümmern. Eine gewisse Lebensverträglichkeit ist axiomatisiert.

Die moderne Ökologie beruht auf dem Begrenzungsprinzip, das das Leben als durch äußere Bedingungen begrenzt ansieht. Diese falsche, aber tief verwurzelte Sichtweise geht historisch auf frühe menschliche Beobachtungen zurück, die in landwirtschaftlichen Ökosystemen gemacht wurden. Landwirtschaftliche Systeme sind durch Düngemittel begrenzt. Natürliche Ökosysteme sind es nicht, sie schaffen und erhalten ihre eigene optimale Umwelt.

In einer psychiatrischen Anstalt ist es nicht möglich zu studieren, wie eine gesunde menschliche Psyche funktioniert. Ebenso wenig kann man in einer gestörten Umwelt den Wert natürlicher Ökosysteme beurteilen.

Das Problem, dass die Menschen das Leben durch den schiefen Spiegel unserer gestörten Umwelt und der geschädigten Ökosysteme betrachten, wird noch dadurch verschärft, dass intakte Ökosysteme sehr schnell verloren gehen - was die Chance, dass wir ihre Bedeutung letztendlich verstehen und nutzen, weiter verringert. Wie ich bereits erwähnt habe, ist eine starke und bewusste intellektuelle Anstrengung erforderlich, um diesen gefährlichen Tendenzen entgegenzuwirken.

Intakte Ökosysteme stabilisieren das Klima. Je mehr wir sie stören, desto instabiler wird das Klima, das wir haben.

Nicht alles, was grün ist, ist gleich. Wie ein wütender Geist, der aus der Flasche gelassen wird, kann ein gestörtes, aber sehr produktives biologisches System die Umwelt sehr schnell zerstören.

Frage von Peter Wilderer: Die von Anastassia Makarieva in ihrem Kapitel vorgetragenen Zusammenhänge beziehen sich primär auf Laubwälder. Wie unterscheiden sich die Prozesse in Wald-Ökosysteme, die durch laubabwerfende Bäume gekennzeichnet sind, von solchen, in denen Koniferen dominieren? Ist das „biotic pump“-Konzept nur auf Laubwälder beschränkt, oder haben beispielsweise Fichtenwälder für den Wasserkreislauf eine vergleichbare Bedeutung?

Antwort von Anastassia Makarieva: Der Hauptunterschied in der biotischen Pumpenfunktion besteht nicht zwischen laubabwerfenden oder immergrünen Wäldern, sondern zwischen gestörten und ungestörten Wäldern. In der borealen Zone kann der Primärwald von immergrünen Bäumen wie z. B. Fichte und Tanne dominiert werden. Diese natürlichen Wälder leisten die aktivste biotische Pumpe und sorgen für einen gleichmäßigen Feuchtigkeitszufluss. Insbesondere im Frühjahr, mit den ersten warmen Tagen, kann der immergrüne Wald mit der Evapotranspiration beginnen und den biotischen Pumpentransport einschalten. Das Einströmen kühler, feuchter Luftmassen aus dem Atlantik sorgt für einen reibungslosen Übergang zwischen den Jahreszeiten. Wenn der Primärwald abgeholzt wird, setzt die ökologische Sukzession ein, die von Laubbäumen wie Birke oder Espe dominiert wird. Im Frühjahr haben diese Bäume noch keine Blätter und können nicht transpirieren. Dies führt zu einer zusätzlichen Erwärmung des Bodens, was zu verschiedenen Wetterextremen führt.

Erfahrungen aus der Praxis und Vorschläge für ein Umdenken

Fortschrittsdenken in der Ökonomie

Ausgangssituation

Alle wissenschaftlichen Disziplinen zeichnen sich durch eine ständige Weiterentwicklung mit unterschiedlicher Dynamik aus. Das gilt sowohl für die Sozialwissenschaften (einschließlich der Wirtschaftswissenschaften), die Ingenieurwissenschaften, die Naturwissenschaften, die Geisteswissenschaften als auch für andere Wissenschaften. In diesem Kontext spricht man häufig auch von wissenschaftlichem Fortschritt, der sich beispielsweise in den vielfältigen Teildisziplinen der Wirtschaftswissenschaften aufzeigen lässt. In verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen kam es jedoch zu Kontroversen. Dabei ging es um die Frage der „richtigen Ausrichtung bzw. Qualität des Fortschritts“. Kontroversen dieser Art gab es beispielsweise mehrfach in der Ökonomie. Dabei ging es nicht nur um die großen Kontroversen wie „bürgerliche Ökonomie versus Marxismus“, sondern z. B. um die Kontroverse, die in den 1970er Jahren aufkam: Monetarismus versus Keynesianismus. Entsprechend kam es in den Wirtschaftswissenschaften zu unterschiedlichen Einschätzungen hinsichtlich des Fortschritts, aber auch hinsichtlich eines wirtschaftlichen Gleichgewichts.

Dr. Michael von Hauff
Prof. University of Kaiserslautern,
Germany: Chair of Macro-economics
Ecological, Economic, Social and
sustainable development
Fellow of EASA
Chairman of IESP

Betrachtet man die aktuelle Diskussion im Rahmen der Ökonomie, so lassen sich auch heute unterschiedliche Strömungen beobachten, die zu unterschiedlichen Bewertungen von wirtschaftswissenschaftlichem Fortschritt führen. Ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, gibt es hierzu verschiedene Beispiele. Einerseits gibt es Vertreter, die den ökonomischen Mainstream insgesamt positiv bewerten und insofern nur einige „Korrekturen“ für notwendig halten. Hier wird der wirtschaftswissenschaftliche Fortschritt insgesamt positiv bewertet. Andererseits haben die vielfältigen wirtschaftlich relevanten Krisen der letzten Dekaden bei einer wachsenden Zahl von Vertretern der Ökonomie zu der Frage geführt, ob sich die Wirtschaftswissenschaften in einer Krise befinden, oder ob sie sogar versagt haben. Die Diskussion wurde besonders durch die weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrisen, aber auch durch die sich zuspitzende Klimakrise verschärft. In diesem Zusammenhang fand das Buch von Lesch und Kamphausen mit dem Titel „Die Menschheit schafft sich ab. Die Erde im Griff des Anthropozän“ (Originaltitel: "Mankind aborts itself. The Earth gripped by the Anthropocene.") große Beachtung. Daraus begründet sich die Frage, ob bzw. in welchem Maße man noch von wirtschaftswissenschaftlichem Fortschritt sprechen kann.

Der Glaube an den Fortschritt bröckelt

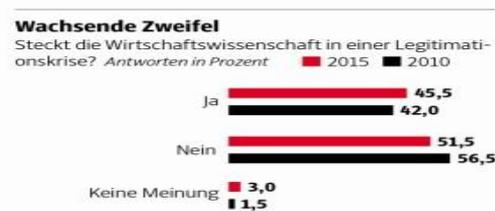
Daher wird der Beitrag der modernen Volkswirtschaftslehre zur Erklärung wirtschaftlicher Vorgänge und zur Lösung der Herausforderungen in jüngerer Vergangenheit zunehmend infrage gestellt. Daraus ergaben sich bei Studierenden der Ökonomie Überlegungen für eine Neuausrichtung der Inhalte der Volkswirtschaftslehre. So artikulierten Studierende in vielen

Ländern in zunehmendem Maße ihr Unbehagen an den Curricula des Mainstreams der Volkswirtschaftslehre. Sie haben sich teilweise zu Initiativen zusammengeschlossen. In Deutschland ist z. B. das „Netzwerk plurale Ökonomik“ zu nennen. Dabei richtet sich die Kritik hauptsächlich gegen die neoklassische Ökonomie als dominantes Paradigma in der Volkswirtschaftslehre das in vielfältiger Weise unser tägliches Leben ganz wesentlich prägt.

Im Jahr 2015 kam es im Rahmen „Neues Denken“ zu einer Befragung von Mitgliedern des Vereins für Sozialpolitik/Deutschland. Die Zielgruppen waren Ökonomen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz in Wissenschaft und Praxis, die zumindest promoviert waren. Dabei wurde deutlich, dass es bei vielen Ökonomen ein wachsendes Unbehagen gegenüber der eigenen Disziplin gibt. Während 51,5 % der befragten Ökonomen verneinten, dass sich die Wirtschaftswissenschaft in einer Legitimationskrise befindet, bekannten sich 45,5 % dazu. Auffällig dabei ist, wie aus dem Schaubild hervorgeht, dass in dem Zeitraum von 2010-2015 der Anteil der Befürworter von 42,0 auf 45,5 % anstieg und dementsprechend der Anteil jener, die eine Legitimationskrise verneinen, von 56,5 auf 51,5 sank.

Befragung von Ökonomen zur Legitimationskrise der Ökonomie

Quelle: Lisa
Bucher 2015



Das neue Paradigma der Ökonomie

In den Wirtschaftswissenschaften blieb lange Zeit verborgen, dass sich 1992 die Völkergemeinschaft auf der Konferenz in Rio de Janeiro für das 21. Jahrhundert auf ein völlig neues Paradigma, die nachhaltige Entwicklung, verständigt hat. Es steht der neoklassischen Ökonomie konträr gegenüber, indem die drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales ausgewogen zusammengeführt werden sollen. Das erfordert ein völlig neues Fortschrittsdenken, indem wirtschaftliche und soziale Prozesse sich im Rahmen der ökologischen Planken sich einzuordnen bzw. unterzuordnen haben. Der Mensch ist langfristig bei einer kontinuierlichen Übernutzung der Natur nicht lebensfähig, wobei für die Natur schon in vielen Bereichen eine Übernutzung festzustellen ist. Daher können ökonomische und soziale Handlungsbereiche alleine nicht nachhaltig sein. Daher hat die Völkergemeinschaft beschlossen, dass alle Mitgliedsnationen der Vereinten Nationen entsprechend der Agenda 2030 bis 2050 eine nationale Nachhaltigkeitsstrategie zu entwickeln haben und diese in einem konsistenten Transformationsprozess bis 2030 umsetzen sollen.

Diese Herausforderung wurde von einigen Ländern angenommen. So gibt es in diesen Ländern Forschungsinstitute für Nachhaltigkeit, Hochschulen die sich in der Lehre und Forschung zunehmend dem Thema zuwenden und Unternehmen, die Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung annehmen. Auch in der Politik gibt es in einigen Ländern Ansätze nachhaltige

Entwicklung umzusetzen. Dennoch gibt es auch in diesen Ländern im Rahmen eines nachhaltigen Transformationsprozesses noch große Potenziale in Bildung, Forschung, Politik und Wirtschaft. Die meisten Nationen stehen hinsichtlich des Transformationsprozesses dagegen noch weitgehend am Anfang. Daher muten wir zukünftigen Generationen sich verschärfende Krisen zu, die sich auf ihre Lebensbedingungen bzw. Lebensqualität verheerend auswirken. Die Menschheit hat die Herausforderungen des nachhaltigen Fortschrittsdenkens in der notwendigen Reichweite und Dringlichkeit noch nicht erkannt bzw. verweigert sich diesem.

Literaturverzeichnis

Bucher, L Quelle (5): Dritte große Ökonomen-Umfrage von Neuwirtschaftswunder.de / SZ, Mai/Juni, 2015.

Hauff, M. von: Nachhaltige Entwicklung, 3. Aufl., München 2021.

Jackson, T.: Prosperity without Growth: Foundations for the Economy of Tomorrow, Routledge 2017

Lesch, H., Kamphausen, K.: Die Menschheit schafft sich ab – Die Erde im Griff des Anthropozän, München 2016.

Diskussion

Frage von Ortwin Renn: Wie lassen sich die Schulen der institutionellen Ökonomie, der evolutionären Ökonomie und der ökologischen Ökonomie hier einordnen.

Antwort von Michael von Hauff: **Die Schule institutionelle Ökonomie lehrt:** Institutionen sind Spielregeln, mit denen ökonomisches oder gesellschaftliches Handeln strukturiert wird. Ihr Hauptzweck besteht darin, die Unsicherheit in wirtschaftlichen Abläufen und im gesellschaftlichen Zusammenhang zu vermindern, indem sie für eine stabile Ordnung im täglichen Leben sorgen. Daher sind Institutionen „... jegliche Art von Beschränkung ... zur Gestaltung menschlicher Interaktionen.“ (North 1992. S.4, einer der Begründer der Institutionenökonomie). Der Beitrag institutioneller Ökonomie zur nachhaltigen Entwicklung besteht darin, Beschränkungen im Sinne von Grenzen, beispielsweise durch ökologische Leitplanken, aber auch Handlungsspielräume, zu definieren. Bisher wurde jedoch die institutionelle Ökonomie in diesem Sinne in das Paradigma der nachhaltigen Entwicklung noch nicht ausreichend eingeführt.

Die Schule evolutionärer Ökonomie lehrt: Die evolutorische Ökonomie, die an den österreichischen Ökonomen Schumpeter anknüpft, ist im Kontrast zur neoklassischen Ökonomie bzw. Theorie einzuordnen. Das Forschungsgebiet der Wirtschaftswissenschaften entstand in den 1980er Jahren und beschäftigt sich mit der Rolle des Wissens, seinem Wandel und seinen Begrenzungen für die Wirtschaft. Mit ihrem Fokus auf Technologie, Lernen und institutionellen Zusammenhänge gibt es bei der evolutorischen Ökonomie Zusammenhänge zur sozialwissenschaftlichen Technikforschung. Es gibt in diesem Kontext Schnittmengen zur nachhaltigen Entwicklung, die jedoch noch klarer herausgearbeitet werden müssen.

Die Schule ökologische Ökonomie lehrt: Die ökologische Ökonomie wurde durch Arbeiten von Nikolas Georgescu-Roegen, Kenneth Boulding und William Kapp Mitte der 1970er Jahre eingeführt. Bisher gibt es jedoch noch keine einheitliche Schule bzw. kein geschlossenes Theoriegebäude. Sie steht in absolutem Kontrast zur neoklassischen Ökonomie und entstand auch in diesem Kontext. Eine wesentliche Übereinstimmung mit der nachhaltigen Entwicklung besteht in der Erkenntnis, dass der Mensch ohne stabile ökologische Systeme nicht überlebensfähig ist. Die Existenz des Wirtschaftens und gesellschaftlicher Prozesse ist nur im Rahmen der Natur und ihrer Grenzen möglich. Es gibt jedoch insofern einen Unterschied, als die ökologische Ökonomie die soziale Dimension nachhaltiger Entwicklung vernachlässigt. Lange Zeit wurde wirtschaftliches Wachstum von Vertreterinnen und

Vertretern ökologischer Ökonomie strikt abgelehnt. Hierzu gibt es jedoch bei beiden Disziplinen erste Diskussionen über ein „nachhaltiges Wachstum“.

Beitrag des Gebäudesektors zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Erdsystems

Vorbemerkung

Um die ökologischen Auswirkungen menschlicher Aktivitäten und die Belastbarkeitsgrenzen unserer Biosphäre verstehen und definieren zu können, wurde 2009 unter der Leitung von Johan Rockström³³, dem damaligen Direktor des Stockholm Resilience Centre, von einer Gruppe international angesehener Erdsystem- und Umweltwissenschaftlern sowie von Umweltwissenschaftlerinnen das Konzept der planetaren Grenzen vorgeschlagen.

Prof. Dr. Werner Lang TUM Vice President for Sustainable Transformation Chair of Energy Efficient and Sustainable Design & Construction Director of the Oskar von Miller Forum
--

Hierunter werden die neun Sektoren der ökologischen Belastungsgrenzen der Erde bzw. verstanden, deren Überschreiten die Stabilität des Ökosystems der Erde und damit die Grundlage unserer Existenz gefährdet. Hierzu gehören (1) Klimawandel, (2) Unversehrtheit der Biosphäre und Erhaltung der Biodiversität, (3) stratosphärischer Ozonabbau, (4) Aerosolbelastung der Atmosphäre, (5) Versauerung der Ozeane, (6) biogeochemische Kreisläufe (Stickstoff und Phosphor), (7) Süßwassernutzung, (8) Landnutzungsänderungen (z.B. Abholzung), (9) Eintrag künstlich erzeugter Stoffe, Chemikalien sowie radioaktiver Teilchen.

Seither wird die Datenbasis erweitert und vertieft. Entsprechend dem aktuell veröffentlichten Stand der Forschung in diesem Bereich,³⁴ werden durch menschliche Aktivitäten derzeit sechs von neun ökologischen Belastungsgrenzen bzw. Schwellenwerte überschritten. Dies zeigt sich durch den starken (1) Rückgang der Biodiversität, den weiterhin zunehmenden (2) Eintrag künstlich erzeugter Stoffe, den fortschreitenden (3) Ausstoß von Treibhausgasen, den wachsenden (4) Eintrag von Stickstoff und Phosphor, die anhaltende (5) Veränderung der Landnutzung sowie die übermäßig zunehmende (6) Süßwassernutzung.

Wie bereits dargestellt, beeinträchtigt das Überschreiten der ökologischen Belastungsgrenzen der Erde nicht nur das ökologische Gleichgewicht unseres Planeten, sondern stellt zugleich eine ernstzunehmende Bedrohung für den Fortbestand der Menschheit dar.³⁵

Die Rolle des Bauwesens zur Stabilisierung des ökologischen Gleichgewichts

In Anbetracht der Überschreitung der ökologischen Belastungsgrenzen ist das Bauwesen stark gefordert, einen umfassenden Beitrag zur Stabilisierung des ökologischen Gleichgewichts zu leisten. Dies gilt insbesondere für die genannten kritischen Bereiche wie Ausstoß von Treibhausgasen, Rückgang der Biodiversität, Eintrag künstlich erzeugter Stoffe, Eintrag von Stickstoff und Phosphor, Veränderung der Landnutzung sowie Wassernutzung.

³³ <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>, aufgerufen am 29.10.2023

³⁴ <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>, aufgerufen am 29.10.2023

³⁵ <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>, aufgerufen am 29.10.2023

Treibhausgase

Im Jahr 2021 lag der Anteil des Bauwesens am globalen Gesamtenergieverbrauch bei 34% und an den energie- und prozessbezogenen CO₂-Emissionen bei 37%³⁶. In Anbetracht der weiterhin zunehmenden Weltbevölkerung und den Erwartungen in den Schwellenländern im Hinblick auf einen besseren Lebensstandard, sind die bisherigen Maßnahmen zur grundlegenden Minimierung des CO₂-Ausstoßes und zum Erreichen der im Europäischen Green Deal verankerten Klimaneutralität³⁷ als nicht ausreichend anzusehen, um den globalen CO₂-Ausstoß umfassend zu minimieren. So ist davon auszugehen, dass sich der globale Gebäudebestand bezüglich sämtlicher, im Jahr 2017 vorhandenen Geschossflächen bis zum Jahr 2060 verdoppeln wird.³⁸

Die im Rahmen des Europäischen Green Deal vorgegebene Weg zur CO₂-Neutralität ist richtig, dennoch ist aufgrund der Dringlichkeit des Erreichens einer auf globaler Ebene grundlegenden Decarbonisierung aller Wirtschafts- und Gesellschaftsbereiche zu klären, wie Umfang und Geschwindigkeit zur Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen optimiert werden können.

Zudem müssen Strategien entwickelt werden, wie sich in Kooperation mit der globalen Staatengemeinschaft die Maßnahmen der EU für eine umfassende Decarbonisierung auf globaler Ebene durchführen lassen.

Die Umsetzung grundlegender Nachhaltigkeitsstrategien, wie die vollständige Umstellung der Energieversorgung auf die Nutzung erneuerbarer Energien und die umfassende Verwendung nachwachsender Rohstoffe sowie die Realisierung einer durchgängigen Kreislaufwirtschaft sind hierbei sowohl im Bauwesen als auch in allen weiteren Wirtschaftssektoren von ausschlaggebender Bedeutung.

Biodiversität und Veränderung der Landnutzung.

Das Errichten von Gebäuden mit den zugehörigen Flächen für Erschließung, Mobilität, Erholung und Infrastruktur verursacht derzeit in Deutschland einen Flächenverbrauch von rund 55 Hektar pro Tag³⁹. Die fortschreitende Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen für Pflanzen und Tiere ist die Folge. Hierzu ist in Anbetracht des weiterhin steigenden pro-Kopf-Flächenbedarfs für Wohnen zu hinterfragen, wie der Grundsatz eines maßvollen Umgangs mit Fläche als Ressource in gesellschaftlicher Hinsicht vermittelt werden kann. In Anbetracht des global stark anwachsenden Flächenbedarfs für das Bauen ist auch hier die Frage zu stellen, wie der der Ansatz eines maßvollen Umgangs mit der Ressource Boden im Sinne des Suffizienzgedankens⁴⁰ umgesetzt werden kann. Hierzu kann eine verantwortungsvolle Stadtplanung und -gestaltung dazu beitragen, Flächenzersiedelung zu verhindern, Grünflächen zu erhalten und zu erweitern, um gerade auch in der Stadt Artenvielfalt zu fördern und Ökosysteme zu schützen. Die umfassende Berücksichtigung und Umsetzung von Grüner Infrastruktur in der Stadt- und Gebäudeplanung schafft Lebensräume für Pflanzen und Wildtiere und trägt zur städtischen Artenvielfalt bei^{41, 42}.

³⁶ <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>, aufgerufen am 29.10.2023

³⁷ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, aufgerufen am 29.10.2023

³⁸ <http://globalabc.org/sites/default/files/2020-09/2017%20GlobalABC%20GSR%20.pdf>, aufgerufen am 29.10.2023

³⁹ <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/reduzierung-des-flaechenverbrauchs>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴⁰ Diana Mincyte, Gabriela Kütting, David L. Goldblatt & Thomas Princen (2007) Thomas Princen, *The Logic of Sufficiency*, Sustainability: Science, Practice and Policy, 3:1, 79-86, DOI: 10.1080/15487733.2007.11907995

⁴¹ <https://www.zsk.tum.de/zsk/startseite/>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴² <https://www.lss.lis.tum.de/lapl/forschung/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/>, aufgerufen am 29.10.2023

Eintrag künstlich erzeugter Stoffe und Ressourcennutzung

Die im Gebäudesektor verwendeten Materialien, wie Beton, Stahl, Aluminium und Glas, verursachen derzeit (2022) ca. 9% der gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen. Zudem werden weltweit rund 100 Mrd. Tonnen Abfall durch Bau-, Renovierungs- und Abrissarbeiten verursacht. 35% davon landen als Abfall in Deponien. Entsprechend aktueller Prognosen wird sich der Rohstoffverbrauch im Bauwesen auf globaler Ebene bis 2060 verdoppeln, mit entsprechenden Folgen für den Rohstoffbedarf und die herstellungsbedingten Treibhausgasemissionen⁴³. Darüber hinaus ist der Einsatz von Chemikalien im Bauwesen grundlegend zu hinterfragen, um den Eintrag von schädlichen Chemikalien, wie z.B. von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) soweit wie möglich zu reduzieren.

In Anbetracht dieser enormen Herausforderungen ist die Anwendung grundlegend nachhaltiger Baupraktiken zwingend erforderlich. Zukunftsfähiges Bauen basiert daher auf den folgenden Grundprinzipien:

- Suffizienz: Klärung der Frage, wieviel von einem bestimmten Gut im Sinne der Genügsamkeit zwingend benötigt wird. Das Ziel ist die Reduktion des Ressourceneinsatzes für Boden, Wasser, Material, Energie, etc. auf das wirklich Notwendige.
- Konsistenz: Umfassender Einsatz Erneuerbarer Energien, nachwachsender Rohstoffe und Umsetzung geschlossener Stoffkreisläufe. Ziel ist die Vermeidung des Verbrauchs von nicht-erneuerbaren Ressourcen und von negativen Umweltwirkungen, wie Treibhausgas-Emissionen und Abfall.
- Effizienz: Minimierung des Bedarfs von erneuerbaren sowie nicht-erneuerbaren Ressourcen zur Minimierung von Aufwand, Kosten und negativen Umweltwirkungen.

Diese Grundprinzipien müssen im Verbund bereits in der Frühphase der Planung von Bauaktivitäten auf ihre Umsetzbarkeit hin untersucht werden, um die entsprechenden Nachhaltigkeitsziele im Verbund mit allen Akteuren im Planungsprozess verankern und umsetzen zu können.

Wassernutzung und Stickstoff- und Phosphorflüsse

Der globale Süßwasserverbrauch hat sich in den vergangenen 100 Jahren versechsfacht und steigt seit 1980 kontinuierlich um rund 1%/Jahr an. Rund 69% entfallen auf landwirtschaftliche Nutzung, 19% auf Industrieproduktion und Energieerzeugung sowie 12% auf die Gemeinden⁴⁴. Es ist davon auszugehen, dass der Süßwasserbedarf aufgrund der weiterhin anwachsenden Weltbevölkerung bis 2100 weiter stark zunehmen wird⁴⁵, wodurch sich auch die global vorhandenen Herausforderungen, wie ungleich verteilte Verfügbarkeit und z.T. mangelnde Qualität ausweiten werden⁴⁶.

Bezogen auf das Bauwesen ist daher ein wesentlich effizienterer Umgang mit Süßwasser durch den umfassenden Einsatz von wassersparenden Technologien und die Regen- und Grauwassernutzung zur Reduktion des Wasserbedarfs in Toilettenspülungen und zur Bewässerung von Grünflächen von ausschlaggebender Bedeutung. Dies gilt auch für die Entsiegelung von Freiflächen und die Umsetzung einer getrennten Entwässerung von Abwasser und Regenwasser, um durch die Versickerung des Regenwassers vor Ort dazu beizutragen, die lokalen Süßwasserressourcen zu erhalten.

Im Hinblick auf die dringend zu vermeidende Freisetzung von überschüssigem Stickstoff und Phosphor in Ökosystemen (Eutrophierung) ist auf eine entsprechende Abwasserbehandlung zu achten. Dies gilt auch für die Vermeidung des Eintrags von Mikroschadstoffen und Mikroplastik.⁴⁷

⁴³ <https://globalabc.org/our-work/tracking-progress-global-status-report>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴⁴ <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴⁵ <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/10/104003>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴⁶ <https://www.bmz.de/de/agenda-2030/sdg-6>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴⁷ <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/wastewater-treatment/>, aufgerufen am 29.10.2023

Lebenszyklusbasierte Ökobilanzierung zur Beurteilung der Umweltwirkungen

Zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele ist es erforderlich, in jeder Phase der Planung die Umweltwirkungen alternativer Planungskonzepte beurteilen zu können. In diesem Zusammenhang bietet die Methode der Ökobilanzierung⁴⁸ eine Möglichkeit, die umweltbezogenen Einflüsse von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zu ermitteln und zu beurteilen. Hierbei werden sämtliche Umweltwirkungen ermittelt, die durch die Herstellung, Nutzung, den Betrieb sowie Rückbau und die Entsorgung eines Gebäudes sowie durch alle vor- und nachgeschalteten Prozesse anfallen. Ein wesentlicher Bestandteil zur Erstellung einer Ökobilanz⁴⁹ sind die baustoffbezogenen Umweltproduktdeklarationen (Environmental Products Declaration, EPD)^{50, 51}.

Die EPDs enthalten u.a. Kernindikatoren für die Umweltwirkung und Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und sonstige Umweltinformationen.

Indikatoren zur Beurteilung der Umweltwirkungen

- Globales Erwärmungspotenzial fossil (GWP-fossil)
- Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)
- Versauerungspotenzial, kumulierte Überschreitung (AP)
- Globales Erwärmungspotenzial biogen (GWP-biogenic)
- Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP)
- Potenzial für die Verknappung abiotischer nicht fossile Ressourcen (ADPE)
- Eutrophierungspotenzial Süßwasser (EP-freshwater)
- Globales Erwärmungspotenzial lulu (GWP-lulu)
- Eutrophierungspotenzial Salzwasser (EP-marine)
- Wasser-Entzugspotenzial (WDP)
- Eutrophierungspotenzial Land (EP-terrestrial)
- Globales Erwärmungspotenzial – total (GWP-total)
- Potenzial für die Verknappung abiotischer Ressourcen fossiler Brennstoffe (ADPF)

Parameter Ressourceneinsatz und sonstige Umweltinformationen

- Erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PERE)
- Erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PERM)
- Total erneuerbare Primärenergie (PERT)
- Nicht-erneuerbare Primärenergie als Energieträger (PENRE)
- Nicht-erneuerbare Primärenergie zur stofflichen Nutzung (PENRM)

⁴⁸ Gemäß den Normen ISO 14040 und 14044 erfolgt die Erstellung einer Ökobilanz in vier Phasen: Zieldefinition und Untersuchungsrahmen, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung. Informationen zur Anwendung im Bauwesen finden sich unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/fachbeitraege/bauen/baustoffe-bauprodukte/oekobilanzierung/01-start.html>, aufgerufen am 29.10.2023

⁴⁹ <https://www.baunormenlexikon.de/norm/din-en-15804/745a38a4-9230-4d26-ac69-708057a5ea7c>, aufgerufen am 29.10.2023

⁵⁰ https://oekobaudat.de/OEKOKBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c8835af8-44d2-47df-a833-8e823e6ee5cd&version=00.01.000&stock=OBD_2023_I&lang=de, aufgerufen am 29.10.2023

⁵¹ siehe auch: DIN EN 15804 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“

- Total nicht-erneuerbare Primärenergie (PENRT)
- Total erneuerbare Primärenergie (PERT)
- Einsatz von Sekundärstoffen (SM)
- Erneuerbare Sekundärbrennstoffe (RSF)
- Nicht erneuerbare Sekundärbrennstoffe (NRSF)
- Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)
- Gefährlicher Abfall zur Deponie (HWD)
- Entsorgter nicht gefährlicher Abfall (NHWD)
- Entsorgter radioaktiver Abfall (RWD)
- Komponenten für die Wiederverwendung (CRU)
- Stoffe zum Recycling (MFR)
- Stoffe für die Energierückgewinnung (MER)
- Exportierte elektrische Energie (EEE)
- Exportierte thermische Energie (EET)

Zusätzliche Umweltwirkungsindikatoren

- Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - nicht kanzerogene Wirkung (HTP-nc)
- Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für den Menschen - kanzerogene Wirkung (HTP-c)
- Potenzielle Wirkung durch Exposition des Menschen mit U235 (IRP)
- Potenzielles Auftreten von Krankheiten aufgrund von Feinstaubemissionen (PM)
- Potenzieller Bodenqualitätsindex (SQP)
- Potenzielle Toxizitätsvergleichseinheit für Ökosysteme (ETP-fw)

Fazit

Obwohl nicht für alle verfügbaren Baustoffe vollständige Informationen zu allen Indikatoren vorliegen, wird deutlich, dass wir bereits heute in der Lage sind, im Bauwesen die Umweltwirkungsindikatoren zu identifizieren, die maßgeblich zur gegenwärtigen Überschreitung der Schwellenwerte der ökologischen Belastungsgrenzen unseres Planeten beitragen.

Alle im Bereich des Bauwesens tätigen Akteure sind daher aufgerufen, vorhandene Methoden, wie die lebenszyklusbezogene Ökobilanzierung konsequent in allen Bereichen des Bauwesens einzusetzen, um die Stellschrauben und die notwendigen Maßnahmen zur Stabilisierung und die Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Erdsystems zu identifizieren und umzusetzen.

Alle im Bereich des Bauwesens tätigen Akteure sind daher aufgerufen, vorhandene Methoden, wie die lebenszyklusbezogene Ökobilanzierung konsequent in allen Bereichen des Bauwesens einzusetzen, um die Stellschrauben und die notwendigen Maßnahmen zur Stabilisierung und den Erhalt der Funktionsfähigkeit des Erdsystems zu identifizieren und umzusetzen.

Bereits heute vorhandene Zertifizierungssysteme, wie das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)⁵² für öffentliche Bauvorhaben sowie das DGNB Zertifizierungssystem⁵³ für nicht-öffentliche

⁵² <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de>, aufgerufen am 31.10.2023

⁵³ <https://www.dgnb.de/de>, aufgerufen am 31.10.2023

Bauvorhaben bieten wertvolle Ansätze, um nachweislich einen wesentlichen Beitrag zum Erhalt von Biodiversität, der Stabilisierung unseres Klimas, der Süßwasser- sowie Landnutzung, der Minimierung des Eintrags von Stickstoff und Phosphor sowie künstlich erzeugter Stoffe und zur Einschränkung der fortschreitende Verschmutzung unserer Umwelt und Ressourcenausbeutung zu leisten.

Diskussion

Anmerkungen von Peter Wilderer: Wie passen Vorschläge wie „Schwamm-Stadt“ (Sponge City) in das Konzept der nachhaltigen Stadtplanung und der städtischen Infrastruktur?

Könnte man die Umsetzung solcher Vorschläge als Äquivalent zur biotischen Selbstregulation einordnen?

Antwort von Werner Lang: Das Konzept der Schwamm-Stadt verfolgt das Ziel, in Anbetracht der zunehmenden Häufigkeit von Starkregenereignissen dazu beizutragen, dass Niederschlagswasser zwischengespeichert und zeitversetzt versickert werden kann. Auf diese Weise soll die Überflutungsfahr verringert und der Grundwasserspiegel stabilisiert werden. Wesentliche Maßnahmen zum Erreichen dieser Ziele beinhalten die Flächenentsiegelung und Erhöhung des Grünflächenanteils in Städten, was neben der Bereitstellung von Ökosystemleistungen, wie z.B. Verschattung und Verdunstungskühlung durch Pflanzen zu einer Erhöhung der Biodiversität führt. Im wirkungsvollen Zusammenspiel von grüner und blauer Infrastruktur in der Stadt entstehen so räumlich begrenzte, sich weitgehend selbstregulierende biotische Systeme, die einen sehr wertvollen Beitrag zur Umsetzung nachhaltiger Städte, sowohl in sozio-kultureller als auch ökologischer Hinsicht leisten.

Nachhaltige Bewirtschaftung von Regenabflüssen in versiegelten Gebieten

Der Mensch hat durch seine Gewohnheit, geschützt in Häusern und Wohnungen zu leben, einen großen Einfluss auf den natürlichen Lebensraum der Erde. Durch den Bau von Häusern und der damit verbundenen Infrastruktur wie Straßen, Plätzen usw. werden immer mehr natürliche Flächen mit undurchlässigen Materialien wie Asphalt, Beton oder Ziegeln versiegelt. Damit verbunden ist eine Störung des lokalen natürlichen Wasserhaushalts, der sich aus Verdunstung, Versickerung und Abfluss des natürlichen Regens zusammensetzt. Verdunstung und Versickerung sind in den meisten Gebieten die wichtigsten Faktoren. Für die Verdunstung ist es wichtig, dass das Regenwasser vorübergehend in Böden und Pflanzen gespeichert wird und dann verdunstet, wie es auf natürliche Weise geschieht.

Prof. Dr. Brigitte Helmreich
Urban Water Science,
Technology & Management
Infiltration of precipitation
Active member of DWA
specialist groups

Aufgrund des Bevölkerungswachstums und des demografischen Wandels nimmt jedoch die Verknappung des Wohnraums vor allem in Groß- und Megastädten zu und damit auch der Druck, den ohnehin oft beengten städtischen Raum zu vergrößern oder zu verdichten, um den sozialen Herausforderungen gerecht zu werden. Lange Zeit wurde der Nachhaltigkeit keine Priorität eingeräumt. Bisher lag der Schwerpunkt bei der Planung von Stadtvierteln als Lebensraum. Architekturwettbewerbe haben sich nur sehr rudimentär mit dem Thema Regenwassermanagement beschäftigt. In Zukunft wird es daher wichtig sein, dass alle Akteure aus den Bereichen Architektur, Freiraumplanung,

Landschaftsarchitektur und Siedlungswasserwirtschaft mit den Behörden und den Betroffenen zusammenarbeiten, um von Anfang an eine nachhaltige Lösung zu entwickeln.

Mit der Erkenntnis, dass der Klimawandel bereits jetzt und in Zukunft unser Leben prägt, findet langsam ein Umdenken in Richtung Nachhaltigkeit statt. Doch trotz des beginnenden Umdenkens wird die Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung noch einige Zeit in Anspruch nehmen, vor allem weil alte Strukturen aufgebrochen und verändert werden müssen und es möglicherweise zu spät ist, um menschliche und finanzielle Schäden abzuwenden.

Die Folgen des Klimawandels sind Starkniederschläge, langanhaltende Regenperioden und Trockenheit. In dicht bebauten und versiegelten Stadtgebieten kann das Regenwasser durch die Versiegelung natürlicher Flächen mit Verkehrsflächen und Dächern nicht mehr in den Boden versickern und darin gespeichert werden, und es fehlt an Pflanzen, die die Verdunstung fördern. Bei starken oder langanhaltenden Regenfällen kann die Kanalisation nicht den gesamten Regenwasserabfluss aufnehmen. Es kommt zu Überschwemmungen und die Schäden nehmen zu. Durch die Verhinderung der Versickerung wird auch die natürliche Grundwasserneubildung unterbrochen und damit die Trinkwasserversorgung gefährdet. Wenn es jedoch zu wenig regnet, d.h. wenn es zu Dürreperioden kommt, besteht aufgrund der fehlenden Vegetation in stark versiegelten städtischen Gebieten keine Möglichkeit zur Klimatisierung durch Verdunstungskühlung. Da es oft keine oder nur wenige Bäume gibt, heizen sich auch versiegelte Flächen wie Asphaltstraßen durch die ungehinderte Sonneneinstrahlung auf, was dem Stadtklima ebenfalls schadet. Dies kann zu städtischen Wärmeinseln führen, vor allem wenn es aufgrund der dichten Bebauung keine Frischluftschneisen gibt.

Wirtschaftliche Erwägungen sind oft der Grund für Bauprojekte. Wohnraum soll bezahlbar sein und Investoren wollen eine möglichst hohe Gewinnspanne erzielen. In Zukunft darf dies nicht mehr die Triebfeder für den Wohnungsbau sein; das reine Profitmotiv muss in den Hintergrund treten.

Vorschläge zur Erreichung einer nachhaltigen Resilienz bei technischen Lösungen.

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht können ökologische, ökonomische und soziale Herausforderungen durch die Planung und Umsetzung einer wasserbewussten Siedlungsentwicklung zusammengeführt werden. Es hat sich gezeigt, dass die gezielte Einführung von Elementen der wasserbewussten Stadt wie Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, oberirdische Versickerungsanlagen, Feuchtbiotope, Regenwasserspeicher- und -nutzungsanlagen, wasserdurchlässige Oberflächenbeläge und multifunktionale Flächen einen Beitrag zur Erhaltung des natürlichen Wasserhaushaltes trotz der Zunahme der Wohnfläche leisten können.

Die Verwendung von Gründächern anstelle von konventionellen Kies-Flachdächern oder Ziegeldächern kann zum Beispiel den Niederschlagswasserabfluss bei gleichbleibender Fläche deutlich reduzieren. So kann der Ersatz eines bestehenden Kies-Flachdachs durch ein Gründach dazu beitragen, den natürlichen Wasserhaushalt wiederherzustellen. Verbleibendes Niederschlagswasser kann gespeichert und in Trockenperioden zur Bewässerung genutzt oder gezielt versickert werden. Eine vorausschauende Wasserhaushaltsmodellierung und die Anpassung der Gebäude an den natürlichen Wasserhaushalt vor Ort spielen dabei eine wichtige Rolle.

Fassadenbegrünung trägt nicht nur zur Erhöhung der Verdunstung und damit der Stadtklimatisierung bei, sondern auch zur Verschattung der Gebäude und damit zur Senkung der Energiekosten für die Klimatisierung.

Multifunktionale Flächen sind Flächen, die in erster Linie die Funktion von Parks, Sport- oder Spielplätzen etc. haben. Bei starken Regenfällen können sie bei Überschwemmungen des

Entwässerungssysteme die Funktion eines Speichers übernehmen und so die Siedlung vor Schäden schützen.

Zwischen der Begrünung der Siedlung und der Bewirtschaftung des Regenwasserabflusses von versiegelten Flächen können Synergieeffekte entstehen. So können Versickerungsanlagen heute mit einer Vielzahl von Gräsern, Stauden, Sträuchern und Gehölzen bis hin zu Bäumen bepflanzt werden [DWA-A 138-1, 2023]. Das war lange Zeit nicht der Fall. In den Versickerungsmulden wurden Gräser ausgesät. Die Etablierung einer biodiversen Bepflanzung wurde durch die Zusammenarbeit mit Grünplanerinnen sowie Grünplanern und Agrar-Architektinnen sowie Agrar-Architekten und durch wissenschaftliche Studien ermöglicht. Dies erhöht die Akzeptanz der Versickerungsanlagen in dicht besiedelten Gebieten und führt dazu, dass kein weiteres Land "verschwendet" wird. Die biodiverse Bepflanzung trägt zum Wohlbefinden der Menschen in der Siedlung bei, erhöht die Verdunstungskälte und auch die Insektenvielfalt kann gesteigert werden. Dennoch bleibt die Hauptaufgabe der Versickerungsmulde die Entwässerungsfunktion und damit die Grundwasserneubildung.

Bäume spielen eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung des lokalen Wasserhaushalts in der Siedlung [Berland et al., 2017], aber der Platz für artgerechte Pflanzgruben ist in der dichten Bebauung begrenzt. Sie sind oft in eine versiegelte Fläche eingebaut und haben daher eine unzureichende Wasserversorgung. Unter Umständen ist die Bewässerung für einen jungen, 10-jährigen Baum noch ausreichend. Im Laufe der Jahre vergrößert sich die Wurzelfläche, und es wird mehr Wasser benötigt. Die optimale Verdunstungsleistung des Baumes kann jedoch nur gewährleistet werden, wenn ausreichend Wasser zur Verfügung steht [Franceschi et al. 2023]. Die gezielte Nutzung des Niederschlagsabflusses von versiegelten Flächen kann langfristig eine optimale Bewässerung sicherstellen. Dabei müssen die Schadstoffe aus dem Niederschlagsabfluss vorher entfernt werden, um den Baum zu schützen und das Grundwasser, in das ungenutztes Wasser versickern kann, nicht zu gefährden. Auch hier ist also interdisziplinäres Denken gefragt.

Unterm Strich kann eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung einen wichtigen Beitrag leisten, um Ökologie, Ökonomie und soziale Herausforderungen in Einklang zu bringen. Dabei müssen alle an der Stadtentwicklungsplanung Beteiligten von Anfang an an einem Strang ziehen. Die Ausgangsfrage, ob die biotische Selbstregulierung als Modell für anthropogene Systeme in Frage kommt, ist in der Tat mit einem "Ja, aber" verbunden. Denn mit jedem Eingriff, den der Mensch hier nach bestem Wissen und Gewissen vornimmt, greift er wieder in die Natur ein und verändert sie ein weiteres Mal.

Literaturverzeichnis

Berland, Adam; Shiflett, Sheri A.; Shuster, William D.; Garmestani, Ahjond S.; Goddard, Haynes C.; Herrmann, Dustin L.; Hopton, Matthew E. (2017): The role of trees in urban stormwater management. In *Landscape and Urban Planning* 162, pp. 167-177. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.02.017

Franceschi, Eleonora; Moser-Reischl, Astrid; Honold, Martin; Rahman, Mohammad Asrafur; Pretzsch, Hans; Pauleit, Stephan; Rötzer, Thomas (2023): Urban environment, drought events and climate change strongly affect the growth of common urban tree species in a temperate city. In *Urban Forestry & Urban Greening* 88. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.128083.

DWA-A 138-1: Stormwater infiltration systems - Part 1: Planning, construction and operation. German Association for Water, Wastewater and Waste: Hennef, draft 2023

Anmerkungen von Peter Wilderer: Brigitte Helmreich erinnert in ihrem Beitrag an die Bedeutung einer nachhaltig wirkenden Regenwasserbewirtschaftung im kommunalen Umfeld. Die klimatischen Veränderungen, denen wir heutzutage ausgesetzt sind, erfordert eine Abkehr von der über Jahrzehnte hinweg praktizierten Methode des Umgangs mit Regenwasser in der Stadt- und Siedlungsplanung.

Die Devise war bisher, im Siedlungsgebiet das Regenwasser alleine oder in Mischung mit kommunalem Abwasser zu sammeln und bestenfalls nach Reinigung in ein nahes Fließgewässer einzuleiten.

In nicht besiedelten Gebieten versickert das Wasser naturgemäß und trägt zur Stabilisierung des Grundwasserspiegels bei. Eine extensive Förderung von Grundwasser im Siedlungsgebiet und in den anschließenden landwirtschaftlich genutzten Gebieten führt dies zwangsläufig zu Mangelsituationen. Ein Direktversickerung von Regenwasser innerhalb der Siedlungen könnte dazu beitragen, solche Mangelsituationen zu vermeiden oder wenigstens zu vermindern. Das Problem ist nur, dass das von Dachflächen und Straßen ablaufende Wasser mit einer Vielzahl an Schmutzstoffen belastet ist. Ohne deren Entfernung vor der Versickerung würden sich dieser Schmutzstoffe im Boden und in den darunter liegenden Sedimentschichten akkumulieren. Es würden sogenannte Altlasten entstehen, was mit der Maxime der Nachhaltigkeit unvereinbar ist. Forschung, Entwicklung sowie Überzeugungsarbeit ist zu leisten, um zu nachhaltigen Lösungen zu kommen. Hier schließt sich der Kreis, der zu holistischen anthropogenen Regulierungsansätzen führt.

Gedanken und Vorschläge für eine regelbasierte und nachhaltige Landwirtschaft

Folgewirkungen technischer Eingriffe in die natürlichen Ressourcen

Zur Abschätzung der Folgewirkungen landwirtschaftlicher Produktionsprozesse ist eine frühzeitige Quantifizierung externer Effekte der Landbewirtschaftung auf Wasser, Boden, Klima und Artenvielfalt zwingend notwendig. Die Einflüsse auf die Ressource Wasser nach Menge und Qualität erfordern ein besonderes Augenmerk. Ebenso wichtig ist der Schutz des Bodens vor Erosionen durch Starkregenereignisse und Windverwehungen als Folge der Klimaänderung.

Dr. Dr. h.c. Alois Heissenhuber
Prof. em. of TUM School of
Life Sciences at Weihenstephan
Chair of Agricultural Economics
Particularly focused on sustainable
development of rural areas;
policy impact assessment and more

Einen wichtigen Schritt hin zu einer umfassenden Betrachtung der Landbewirtschaftung stellte für mich und meinen Lehrstuhl die Einrichtung des „Forschungsverbundes Agrarökosysteme München“ (FAM) dar. Dieser wurde von einer Vielzahl von Lehrstühlen und Instituten der TU München-Weihenstephan und der GSF Neuherberg über einen Zeitraum von 12 Jahren auf den Flächen des Klostersgutes Scheyern durchgeführt. Die Ergebnisse wurden 2005 im Buch „Landwirtschaft und Umwelt – ein Spannungsfeld“ veröffentlicht.

In der zeitlichen Abfolge traten vermehrt die Anliegen des Klimaschutzes in den Vordergrund. In diesem Zusammenhang hatte ich die Gelegenheit, mit einem bekannten Klimaforscher ein Projekt zu bearbeiten. Darin ging es um die Reduzierung der durch Rinder verursachten Klimabelastung. Auftraggeber war eine Pharmafirma, die Hormone, z.B. Insulin, gentechnisch herstellen konnte. Ein weiteres Hormon, das bovine Somatotropin (bST), war in der Lage, die Leistung von Milchkühen um etwa 10 % zu steigern. Bei einem ersten Ansatz wäre damit eine Verringerung der Zahl der Milchkühe um 10

% möglich. Damit verbunden wäre auch eine erhebliche Reduzierung der Methanemission. Abgesehen von den ethischen Bedenken, bei den Tieren regelmäßig eine Hormoninjektion durchzuführen, stellte sich bei einer umfassenden Betrachtung heraus, dass die Einspareffekte in dem erwarteten Umfang nicht eintreten. In der EU erfolgte schließlich, im Gegensatz zu den USA, keine Zulassung dieses Hormons.

In der jüngeren Zeit haben wir uns am Lehrstuhl mit einer weiteren Herausforderung beschäftigt, nämlich der Erhaltung bzw. der Förderung der Artenvielfalt. Im Laufe der vergangenen 70 Jahre wurden in Deutschland Flurstücke vergrößert, um eine sinnvolle Bewirtschaftung mit den Maschinen zu ermöglichen. Staatlicherseits wurde die „Flurbereinigung“ gefördert. Hinzu kam die stärkere Spezialisierung der Betriebe. In der Konsequenz verschwanden Strukturelemente (Hecken und Feldgehölze), wurden Felder deutlich vergrößert und von einigen Feldfrüchten (z.B. Mais) deutlich mehr angebaut. Das alles geht zu Lasten der Artenvielfalt. Daneben wird auch die Erosionsgefahr erhöht. Die Herausforderung besteht nun darin, den Schutz der natürlichen Ressourcen und des Klimas zugleich in den Fokus zu nehmen.

In der jüngeren Zeit haben wir uns am Lehrstuhl mit einer weiteren Herausforderung beschäftigt, nämlich dem Erhalt bzw. der Förderung der Artenvielfalt. Im Laufe der vergangenen 70 Jahre wurden in Deutschland Flurstücke vergrößert, um eine sinnvolle Bewirtschaftung mit den Maschinen zu ermöglichen. Staatlicherseits wurde die „Flurbereinigung“ gefördert. Hinzu kam die stärkere Spezialisierung der Betriebe. In der Konsequenz verschwanden Strukturelemente (Hecken und Feldgehölze), wurden Felder deutlich vergrößert und von einigen Feldfrüchten (z.B. Mais) deutlich mehr angebaut. Das alles geht zu Lasten der Artenvielfalt. Daneben wird auch die Erosionsgefahr erhöht. Die Herausforderung besteht nun darin, den Schutz der natürlichen Ressourcen und des Klimas zugleich in den Fokus zu nehmen.

Wir müssen erkennen, dass der Schutz der Ressourcen multifunktional ist. Das ist die aktuelle Herausforderung. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die Landwirtschaft eine dreifache Rolle spielt, nämlich als Verursacher, als Betroffener und auch als Schützer, z.B. durch vermehrte Speicherung des Kohlenstoffes. Einmal mehr geht es um die Lösung von Zielkonflikten im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung, also eines Kompromisses zwischen Ökologie, Ökonomie und Soziales.

Vorschläge, wie eine nachhaltige Resilienz technischer Lösungen erreicht werden kann

Die derzeit in der Praxis angewandte Art und Weise der Landbewirtschaftung kann nicht als nachhaltig bezeichnet werden. Zu diesem Ergebnis kam auch eine vor drei Jahren von der damaligen Bundeskanzlerin Angela Merkel eingesetzte „Zukunftskommission Landwirtschaft“. Die interdisziplinär besetzte Kommission kam einstimmig zu dem Votum zugunsten einer verstärkten Resilienz der Landwirtschaft.

Die zwei Hauptkritikpunkte, die bei den Beratungen der Kommission herausgestellt und begründet wurden, beziehen sich auf die Förderpolitik der EU und auf die von der Landwirtschaft verursachten externen Kosten. Die von einigen Gruppierungen geforderte Ausweitung des Ökologischen Landbaues kann nicht als flächendeckende Lösung angestrebt werden, wenngleich der Ökolandbau bezüglich Ressourcenschutz deutliche Vorteile aufweist. Dem stehen aber niedrigere Erträge und höhere Kosten gegenüber. Das Ziel muss darin bestehen, die herkömmliche (konventionelle) Landwirtschaft ressourcenschonender zu gestalten, so dass schließlich deutlich weniger externe Kosten verursacht werden.

Deutliche Verbesserungen müssen auch im Bereich Tierwohl erreicht werden. Auch Erfolge in diesem Streben erdenzur Folge haben, dass Lebensmittel im Preis ansteigen. Seitens der Konsumenten wird sich auch die Nachfrage verändern müssen.

Die Förderpolitik der EU wird auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Die jetzige Vorgehensweise einer einheitlichen Flächenprämie, die mit Umweltauflagen verknüpft ist, wird in wissenschaftlichen Kreisen schon seit vielen Jahren als ineffizient bezeichnet. Der EuRH stellte 2018 fest, dass die damals anstehende Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) den eigenen Zielen nicht gerecht wird. Dennoch wurde eine grundlegende Reform seinerzeit nicht in Angriff genommen. Die nächste Reform steht 2027 an.

Den Empfehlungen der ZKL zur GAP-Reform 2027 kann ich mich vollinhaltlich anschließen, diese lauten: „Insbesondere muss deswegen die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) maßgeblich dazu beitragen, den Übergang zu einem nachhaltigen Ernährungssystem in der EU zu bewältigen und Landwirte und Landwirtinnen auch ökonomisch in die Lage zu versetzen, ihren unverzichtbaren Beitrag zur Erreichung der Klimaschutz-, Tierschutz-, Bodenschutz-, Luft- und Wasserreinhaltungs- sowie Biodiversitätsziele zu leisten und die Umwelt umfassend zu schützen. Dies erfordert, dass die bisherigen flächengebundenen Direktzahlungen aus der 1. Säule der GAP im Laufe der nächsten zwei Förderperioden schrittweise und vollständig in Zahlungen umgewandelt werden, die konkrete Leistungen im Sinne gesellschaftlicher Ziele betriebswirtschaftlich attraktiv werden lassen“. Diese Empfehlungen passen auch gut mit dem von der EU verabschiedeten Green Deal zusammen.

Ein zweiter Ansatz besteht darin, die von der Landwirtschaft ausgehenden externen Kosten zu vermeiden, da die Beseitigung der negativen externen Effekte viel mehr Geld kostet als deren Vermeidung. Die negativen externen Effekte müssen internalisiert werden, so lautet eine gängige Forderung der Umweltökonomie. Die dafür zur Verfügung stehenden Instrumente basieren auf dem Verursacherprinzip, d.h. die Verursacher sind gehalten, ein bestimmtes Niveau an Ressourcenschutz einzuhalten. Über den Marktmechanismus wird dann dafür gesorgt, dass die Verursacher durch Nutzung der technischen Möglichkeiten den kostengünstigsten Weg suchen. Als ein Beispiel ist die präzise, dem Bedarf der Pflanzen angepasste Ausbringung von Düngemitteln zu nennen. Letztlich werden die zusätzlichen Kosten auf den Preis überwältigt. Dieser Vorgehensweise sind Grenzen gesetzt, wenn aus anderen Ländern Erzeugnisse auf den Markt kommen, die nicht mit diesen Kosten belastet sind bzw. wenn man der Ansicht ist, die höheren Kosten seien der Bevölkerung in Form höherer Preise nicht zuzumuten. In diesem Zusammenhang könnten staatliche Zahlungen für die Vermeidung von Umweltbelastungen gewährt werden. Eine entsprechend reformierte GAP würde Zahlungen vorsehen für Leistungen, die über das gesetzlich festgelegte Niveau hinausgehen, vereinfacht gesagt, das wären dann Zahlungen für Gemeinwohlleistungen. Hierbei kommt das Gemeinlastprinzip zur Anwendung.

Abschließend kann festgestellt werden, dass sich die komplexen Herausforderungen bei der Erzeugung von Lebensmitteln nur durch einen inter- und transdisziplinären Ansatz bewältigen lassen. Dazu sind sowohl stark spezialisierte als auch systematisch ausgerichtete Wissenschaftler sowie Wissenschaftlerinnen erforderlich.

Regulation in der modernen Landwirtschaft

Mit zunehmender Weltbevölkerung wurden zur Erzeugung und Versorgung mit Lebensmitteln der Natur mehr und mehr natürliche Ressourcen abgerungen. Dabei bediente sich der Mensch schon frühzeitig mit Werkzeugen und Energie. Deren Nutzung ermöglichte durch weiterentwickelte handwerkliche Fähigkeiten arbeitswirtschaftliche Erleichterungen und erbrachte zugleich höhere und stabilere Erträge.

Dr. Hermann Auernhammer
TUM Prof. emeritus
Ag Systems Technology
Precision Agriculture
Fellow of CIGR, Club of Bologna

Die Nutzung fossiler Energie und industrialisierter Fertigung von Maschinen und Geräten führte zu einer enormen Leistungssteigerung in der Feldwirtschaft, während in der Hofwirtschaft und der Nutztierhaltung vergleichbare Veränderungen sehr viel später und zudem in sehr viel kleineren Schritten erfolgten.

Fast gleichzeitig ermöglichten chemische Erzeugnisse in Form von mineralischem Dünger und von Pflanzenschutzmitteln sowie Fortschritte in der Züchtung zuvor nicht vorstellbare Ertragssteigerungen im Pflanzenbau. Ökonomisch führten jedoch parallel dazu die zunehmenden Kosten zu mehr Spezialisierung mit verringerter Maschinenvielfalt und Beschränkung auf weniger Feldfrüchte im Betrieb.

Daran änderte auch die hinzukommende Nutzung von Elektronik, Sensorik und Automatisierung wenig. Vielmehr verursachten sie bei weiter steigenden Investitionskosten eine noch stärkere Konzentration in der Feldwirtschaft mit einer Reduzierung der Kulturpflanzenvielfalt und Monokulturen durch immer stärker eingeschränkte Fruchtfolgen.

Hingegen eröffneten elektronisch gesteuerte Techniken für die Fütterung in der Nutztierhaltung erste tierindividuelle Versorgungsformen. Bei diesen konnte nun, abweichend von der vom Tierhalter zeitlich gesteuerten Versorgung, das Tier seinen Bedürfnissen entsprechend erstmals, wie in der Natur, über die Futteraufnahme selbst entscheiden.

Ertrag und Natur – ein Widerspruch?

Aus dieser nur kurz gefassten Entwicklung könnte der Eindruck entstehen, dass der Landwirt seiner Aufgabe entsprechend von jeher alle Maßnahmen ohne Rücksicht auf die Natur alleine auf die Nahrungsmittelversorgung (und den Gewinn) ausgerichtet hätte. Dies würde jedoch sein Handeln in ein falsches Licht stellen.

Schon immer war es ein Ziel aller Maßnahmen im landwirtschaftlichen Betrieb, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, um dadurch sichere Ernten in den Folgejahren zu erreichen und die Eigentumsflächen in geordnetem Zustand den Nachkommen zu überlassen.

Auch war es trotz vieler baulicher Einschränkungen in der Tierhaltung selbstverständlich, den Nutztieren kein Leid zuzufügen. In einem Kompromiss zwischen Tierschutz vor Unbilden der Witterung und insbesondere der örtlich sehr kalten Winter mit Schnee und Frost musste die tägliche Versorgung rund um das Jahr sichergestellt werden. So ist der sogenannte Anbindestall für Milchkühe eigentlich ein „Melkstall“, um jahreszeitlich unabhängig ohne zusätzlichen Aufwand die täglichen Melkarbeiten als Gegenstand der Tierhaltung unter erträglichen Arbeitsbedingungen zu realisieren.

Zugleich wurden, wenn immer es die betrieblichen Gegebenheiten zuließen, Neuerungen und Fortentwicklungen aufgenommen und umgesetzt. Exemplarisch sei dies an zwei ausgewählten Beispielen von umwälzenden Techniken in der Nutztierhaltung und der Feldbewirtschaftung aufgezeigt.

Aus Anbindestall wird Laufstall

Zugleich wurde mit der Entwicklung von Melkständen eine bis dahin unvorstellbare Arbeitserleichterung für die Betreuungsperson geschaffen. In aufrechter Haltung konnte die zweimal täglich erforderliche Melkarbeit an 365 Tagen des Jahres durchgeführt werden. Dabei war eine gute optische Tierüberwachung ebenso möglich wie die Leistungsüberwachung anhand der ermolkenen Milchmenge. Darauf aufbauend konnte gleichzeitig während des Melkvorganges der Einzelkuh die ihr zustehende individuelle leistungsbezogene Kraftfuttermenge zur Aufnahme zudosiert werden [1, 2].

Nicht bekämpfen, sondern regulieren

Schon seit Beginn der Landwirtschaft vor 12.000 Jahren musste der Landwirt das Gedeihen seiner Nutzpflanzen gegenüber der natürlichen Konkurrenz (Schadpflanzen) sichern (Dornen und Disteln soll er dir tragen. Genesis, 1. Moses, 3, 18). Mit der Saat wurde so ein fortwährender Arbeitsaufwand zur Ertragssicherung initiiert oder, anders ausgedrückt: Der Landwirt war zum immerwährenden Kampf gegen die Natur und die Artenvielfalt gezwungen.

Hier bahnte sich mit der Definition des „Schadschwellenprinzips“ 1957 ein erster gravierender Paradigmenwechsel an. Nur wenn die zu erwartende Ertragsreduzierung größer als der dafür erforderliche Aufwand für Pflanzenschutzmaßnahmen ist, ist eine Bekämpfung erforderlich und sinnvoll. Erstmals führten damit ökonomische Überlegungen und Entscheidungen zu einem geduldeten Miteinander von Nutz- und Konkurrenzpflanzen [3].

Sobald jedoch die Schadschwelle überschritten wurde, konnten dann händisch oder mechanisch mit der Hackmaschine Konkurrenzpflanzen entfernt werden. Bei Pilz- oder insektenbefall mussten hingegen die nun verfügbaren chemischen Pflanzenschutzmittel mit selektiver Wirkung und präzise arbeitender Ausbringttechnik die Regulierung mit fungizider und/oder insektizider Wirkung übernehmen. Sobald selektiv wirkende Herbizide verfügbar wurden, konnte der chemische Pflanzenschutz auch zur Regulierung der Konkurrenzpflanzen eingesetzt werden, wodurch rein ökonomisch mit nur einer Mechanisierungstechnik der umfassende Pflanzenschutz ermöglicht wurde. Dadurch entfiel der bisherige Arbeits- und Energieaufwand für mechanische Hackmaßnahmen. Mit dem Verzicht auf die wiederholte Bodenöffnung wurden zudem Wasser- und Winderosionen ausgeschaltet und der dadurch induzierte Humusabbau reduziert.

Precision Livestock Farming

Trotz möglicher Bewegungsfreiheit der Milchkuh im Liegeboxen-Laufstallsystem musste sich darin das Tier weiterhin der vom Menschen vorgegebenen Tagesrhythmik für Füttern und Melken unterordnen. Dies änderte sich mit der Entwicklung und Einführung elektronischer Systeme.

In einem ersten Ansatz wurde die Kraftfutter-Abruftechnik entwickelt und eingeführt. Der Leistung entsprechend erhielt nun jede Kuh über eine individuelle RFID-Erkennung [4] in einer Abrufstation die ihr zustehende Kraftfuttermenge in mehreren Portionen je Tag. Damit konnte eine mögliche Pansen-Übersäuerung vermeiden werden, und zugleich wurde der Kuh die Entscheidung zur zeitlich frei wählbaren Kraftfuturaufnahme überlassen. Dass dabei nicht aufgenommene Kraftfuttermengen einen Hinweis auf die Tiergesundheit u.a. ermöglichten, war ein wertvoller Zusatzeffekt dieser Technologie.

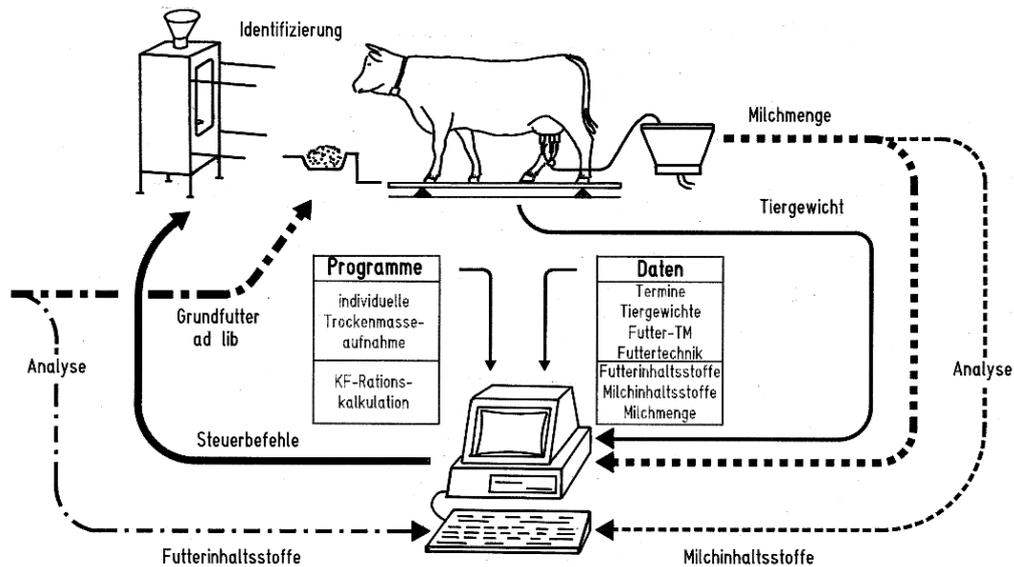


Abb. 1 Elektronischer Regelkreis im Precision Livestock Farming
(<https://mediatum.ub.tum.de/?id=707636>)

In einem weiteren Schritt wurde dann den erforderlichen Grundstock für das Precision Livestock Farming gelegt (Abb. 1).

Kraftfuttermenge an die Milchleistung und das Tiergewicht gekoppelt und ein erstes elektronisch gesteuertes Regelsystem aufgebaut. Verändert sich im Hinblick auf die Milchleistung das Körpergewicht, dann muss bei gleichbleibender Grundfutterqualität die erforderliche Kraftfuttermenge angepasst und/oder ein Gesundheitsmonitoring eingeleitet werden [5, 6]. Schon 1985 wurde damit der Und nahezu parallel dazu wurde mit der Entwicklung der Melkrobotik der Kuh auch die Entscheidung für die selbständig gewählte Milchabgabe übertragen, wodurch wie beim natürlichen Saugvorgang durch die Kälber ein tierindividuelles Tierverhalten gewährleistet wurde [7].

Dass mit all diesen Technologien immer mehr und immer präzisere tierindividuelle Daten generiert werden, eröffnet vielfältige neue Möglichkeiten zur einzeltiergerechten Nährstoffversorgung und zur Gesundheitsüberwachung. Sozial entbindet sie den Landwirt von seinen bisherigen manuellen Routinearbeiten mit neuen Möglichkeiten im sozialen Umfeld der Familie und Gesellschaft.

Precision Farming

Vergleichbar zur Milchviehhaltung mit dem Ertrag Milchleistung ist im Ackerbau der Ertrag der angebauten Feldfrüchte und damit die N-Düngung als Ertragsbildner die wichtigste Zielgröße der Bewirtschaftung. Verständlich, dass deshalb im Wachstum erkennbare Mängel durch eine erhöhte Stickstoffmenge bedacht wurden, um letztlich auf einem Feldstück einen homogenen hohen Ertrag zu gewährleisten.

Weil im manuell-mechanischen System ein Feldstück eine Behandlungseinheit darstellte, erfolgte dort eine uniforme Applikation anhand der darin enthaltenen Teilflächen mit der niedrigsten Ertragsleistung. Überwiegend führte dies zu einer Überdüngung mit unvermeidbarem Eintrag von Stickstoff in das Grundwasser. Hier ermöglichte Elektronik erstmals eine stärker an die natürlichen Gegebenheiten angepasste Nutzung in der Verteiltechnik für Dünger und Pflanzenschutzmittel. Mit der „Plus-/Minusschaltung“ konnte nun auf die vom Auge des Fahrers erfasste „Grünfärbung der Pflanzen“ lokal reagiert werden [8]. Bei zu hell wurde mehr, bei dunkel hingegen weniger dosiert. Rein ökonomisch konnte so der Mitteleinsatz verringert werden, während die weiterhin verfolgte Erzielung eines homogen hohen Ertrags die Umweltbelastung nur in geringem Maße reduzierte. Allerdings

konnte damit auch die ökologische Komponente berücksichtigt werden, wenn der Fahrer aus Erfahrung der vorhergehenden Ernten wusste, dass an weniger fruchtbaren Stellen im Feld trotz hoher Düngung immer Mindererträge erzielt wurden und deshalb eine Aufdüngung nur Kosten und Umweltbelastungen verursachen würde.

Und vergleichend zur Milchviehhaltung konnte mit der lokalen Ertragsermittlung im Mähdrescher [9] ein weiterer Baustein für einen ökologisch ausgerichteten Regelkreis erstellt werden (Abb. 2). Dabei erbrachte GPS im Sekundenabstand den Standort der Maschine, während ein installierter Ertragsmesssensor den Gutfluss erfasste [10]. Aus diesen Daten entstanden erstmals lokalen Ertragskarten, welche die Variabilität innerhalb von Flurstücken im Hinblick auf örtlichen Gegebenheiten dokumentierten [11, 12].

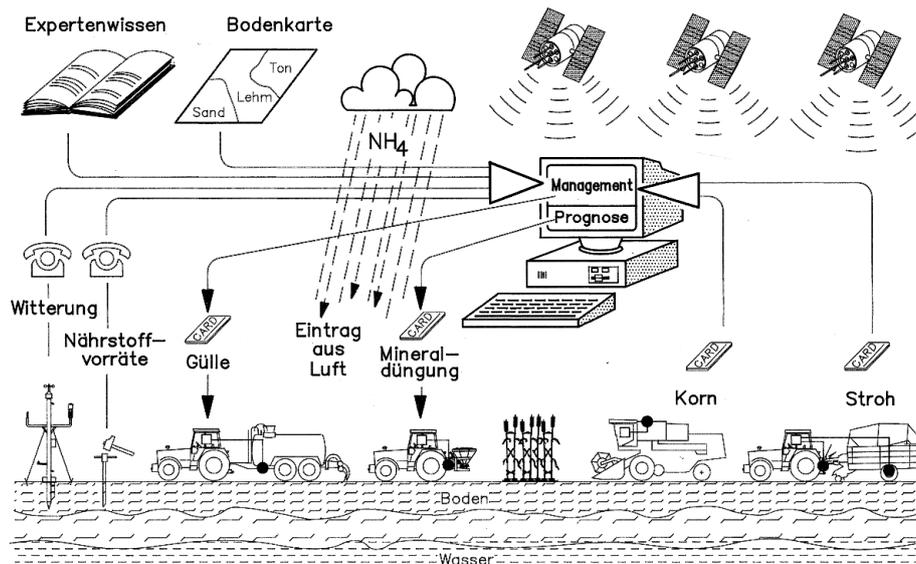


Abb. 2: Elektronischer Regelkreis im Precision Farming
(<https://mediatum.ub.tum.de/?id=710617>)

Zudem konnte die Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR) bei der Düngung online die „Grünheit“ des Pflanzenbestandes erfassen [13], wodurch im „Map-Overlay-System“ mit den aus Düngungsversuchen abgeleiteten erforderlichen Applikationsmengen mit den Vor-Ort erfassten Wachstumsbedingungen und den historischen Ertragsdaten eine völlig neue Düngungsstrategie entstand [14,15, 16]. Mit weiter verfeinerten Algorithmen wurde es möglich, damit auf das einzelne Feldstück bezogene Strategien zu verfolgen, um aus der Vergangenheit entstandene Überversorgungen abzubauen und letztlich die verabreichte Düngermenge so zu dosieren, dass sich diese nahezu vollständig im entstandenen Ertrag wiederfand.

Aber letztlich war dieses auf Ertrag und Umwelt ausgerichtete System nur umzusetzen, weil schon Mitte der 80er des letzten Jahrhunderts von Deutschland und einigen Nachbarstaaten ausgehend eine Standardisierung der elektronischen Kommunikation zwischen Betriebsführung, Traktor und Gerät geschaffen wurde [17, 18, 19]. Über diese weltweit akzeptierte ISO-Norm konnte so die nun mögliche, auf die Umwelt ausgerichtete Bestandsführung mit Maschinen unterschiedlicher Hersteller den Wünschen und Vorzügen des Einzellandwirts entsprechend weitgehend problemlos umgesetzt werden. Und dieser Standard ermöglicht ohne größere Probleme auch die Integration weiterer Sensoren und weiterer Informationen wie z.B. aus der Satellitenüberwachung, verfeinerter Technologien der Bodenuntersuchung und von Wetterdaten.

Auf ähnlichen Ansätzen beruhend wurden zudem verfeinerte Methoden im Pflanzenschutz entwickelt. Dort wird neben der Grünheit des Pflanzenbestandes nun sehr stark auf die Einzelpflanzenerkennung gesetzt [20]. Damit könnte eine lokale Einschränkung von Pestizid-Applikationen ermöglicht werden,

welche basierend auf dem Schadschwellenprinzip eine bisher nicht vorstellbare Pflanzenvielfalt im Feld ergeben würde, ohne wiederum eine signifikante Ertragsminderung in Kauf nehmen zu müssen. Auch dabei werden Satellitendaten und vor allem Informationen aus der Nutzung von Drohnen zum Bestandsmonitoring weitere, umweltfreundliche Erweiterungen und Verbesserungen ergeben.

Und schließlich werden diese technisch und elektronisch weiter entwickelten Systeme zu spezifisch arbeitenden Feldrobotern führen [21]. In ersten Ansätzen wenden sich diese der Eliminierung von Herbiziden zu und versuchen mit der althergebrachten Hacktechnik ohne manuelle Unterstützung ein weitgehend ungestörtes Wachstum der Nutzpflanzen zu ermöglichen. Inwieweit dort mit Drohnen Ergänzungen oder andere System generiert werden können ist derzeit eine offene Fragestellung. Und gleiches gilt für erste Ansätze einer autonomen Feldbewirtschaftung.

Technik und Daten in der Landnutzung von morgen

Beide Beispiele demonstrieren durch die bisherige Entwicklung die gleichen systematischen Ansätze zu mehr Tierwohl mit erweiterter Freiheit des Einzeltiers auf der einen und zum weniger umweltbelastendem Ackerbau durch Teilschlagtechnik bis hin zur Einzelpflanzenführung auf der anderen Seite. Beide stützen sich dabei auf neue oder adaptierte Sensoren, welche durch Nutzung der Elektronik in die weiterentwickelten Systeme integriert werden.

Precision Livestock Farming und Precision Farming entwickeln sich damit zu technisch getriebenen Formen der Landnutzung, welche trotz der auch weiterhin erforderlichen Ertragsgenerierung und Ertragssicherheit die Natur und Umwelt immer stärker berücksichtigen und integrieren können.

Dabei stehen immer mehr und immer präzisere Daten zur Verfügung, welche durch weiterentwickelte Algorithmen ökonomische, ökologische und soziale Mehrwerte ermöglichen. Von der künstlichen Intelligenz ist dazu ein weiterer wichtiger Beitrag zu erwarten, um dann auch die unterschiedlichen kulturellen Belange wie Offenhaltung der Landschaft oder einen Wandel in den Ernährungsgewohnheiten zu gewährleisten.

Noch weiter vorausschauend wird die Technik sogar in der Lage sein, eine völlige Abkehr von der derzeitigen Landnutzung zu ermöglichen. Pflanzenbau könnte dann in Vertical Farming Systemen mit dauerhaft hoher Energieversorgung unter vollständig kontrollierten Bedingungen realisiert werden. Bei ausschließlich veganer Ernährung erübrigt sich zudem die Nutztierhaltung in der heutigen Form. Dann müssen Wiederkäuer für die Offenhaltung der Landschaft sorgen und für deren Stellung in der Nahrungskette wird die urbanisierte Gesellschaft einen breit akzeptierten Weg finden müssen.

Literaturverzeichnis

22. Bigalow, J. P., 1953. A Barn Of The Future At Work Today. Hoard's Dairyman, Vol. 98, Iss. 16, 698-701.
23. Eichhorn, H., 1965. Arbeitswirtschaft, Technik und Gebäude bei der Planung neuer Stallformen für Milchvieh (<https://mediatum.ub.tum.de/?id=992679>).
24. Stern, V. M., Smith, R. F., van den Bosch, R., Hagen, K. S., 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid. Pt. I. The integrated control concept. *Hitgardia* 29:81-101.
25. Artmann, R., 1976. Ein Identifikationssystem für freilaufende Milchkühe. Vortrag: VDI-Tagung München, 28./29.10.1976.
26. Auernhammer, H., Pirkelmann, H., Wendl, G. (Hrsg.), 1985. Prozeßsteuerung in der Tierhaltung - Erfahrungen mit der Milchmengenerfassung, Tiergewichtsermittlung und Bereitstellung von Managementdaten. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Heft 2, Weihenstephan.
27. Wenner, H.-L., Zeeb, K., Pirkelmann, H., Schön, H., Boxberger, J., Kirchgeßner, M., Auernhammer, H., et al., 1987. Bericht über das Symposium zum Abschluß des Sonderforschungsbereiches 141 Produktionstechniken der Rinderhaltung. Sonderdruck Bayer. Landwirtschaftliches Jahrbuch 1987, Hrsg. Wenner, H.-L., München-Wolfratshausen: Verlag Hellmut Neureuter, 64, H. 4, 132 S.
28. Rossing, W., Hogewerf, PH, 1997. State of the art of automatic milking systems. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 17, Iss. 1, 1-17, ISSN: 0168-1699.

29. Matthies, H. J., Meier, F. (Hrsg.), 1988. Jahrbuch Agrartechnik, Bd. 1, S. 63 und S. 73, <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00056929>.
30. Schueller, J. K., Bae, Y. H., Borgelt, S. C., Searcy, S. W., Stout, B. A., 1987. Determination of spatially variability yield maps. ASAE St. Joseph, Paper No. 87 15 33.
31. Vansichen, R., De Baerdemaeker, J., 1992. Signal processing and system dynamics for continuous yield measurement on a combine. Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering, Uppsala, Paper No 92-0601.
32. Auernhammer, H., Demmel, M., Muhr, T., Rottmeier, J., von Perger, P., 2015. Lokale Ertragsermittlung mit GPS in Serien-Mähdreschern 1990. In: Jahrbuch Agrartechnik 2015 (Hrsg. Frerichs, L.). Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2016, S. 214-224 (<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055137>).
33. Auernhammer, H., Demmel, M., Rottmeier, J., et al., 2020. Local Yield Mapping at TUM-Weihenstephan 1990 to 2000. <https://mediatum.ub.tum.de/?id=1544121>, doi:10.14459/2020mp1544121.
34. Reusch, S., 1997. Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation Universität Kiel: Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik, MEG-Schrift 303.
35. Auernhammer, H., Demmel, M., Maidl, F.-X., Schmidhalter, U., Schneider, T., Wagner, P., 1999. An on-farm communication system for precision farming with nitrogen real-time application. ASAE St. Joseph, Paper No. 99 11 50.
36. Maidl, F.-X., Huber, G., Schächtl, J., 2004. Strategies for Site Specific Nitrogen Fertilization in Winter Wheat. 7th Int. Conf. Prec. Agriculture, pp. 1938-1948.
37. McBratney, A. B., Whelan, B. M., 1999. The null hypothesis of precision agriculture, pp. 947–956. In: J. V. Stafford (ed.), 2nd European Conference on Precision Agriculture. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK.
38. DIN 9684/2-5, 1997. Landmaschinen und Traktoren - Schnittstellen zur Signalübertragung. Beuth Verlag, Berlin.
39. International Organization for Standardization, 2009. ISO 11783 Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network, Parts 1–14, Geneva, Switzerland.
40. Oksanen, T., Auernhammer, H., 2021. ISOBUS - The Open Hard-Wired Network Standard for Tractor-Implement Communication, 1987-2020. ASABE: Distinguished Lecture No 42, St. Joseph, MI (USA), doi: 10.13031/913C0121.
20. Herrmann, D., Dillschneider, E.-M., Niemann, J.-U., Tomforde, M., Wegener, J. K., 2021. Innovationen in der Pflanzenschutztechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik, Bd. 33, S. 1-13.
21. Noguchi, N., Ishii, K., Terao, H., 1997. Development of an agricultural mobile robot using a geomagnetic

Vom Homo destructor zum Homo constructor

Rezension eines Buchs von Werner Bätzing

Im Jahr 2023 hat der C. H. Beck -Verlag ein Buch herausgebracht, in dem Werner Bätzing mit tiefgreifendem Fachwissen erklärt, dass die Zerstörung der Umwelt schon mit dem Erscheinen des Homo sapiens ihren Anfang nahm, allerdings noch in begrenztem Umfang. Werner Bätzing ist ein nicht nur den Geographen bekannter Fachmann für Fragen des Alpenraumes und des Landlebens. Er hat mit seinem 463 Seiten starken, fast schon enzyklopädischen Opus Magnum ein Werk geschaffen, das zu lesen und zu verinnerlichen für verantwortungs- und umweltbewusste Vertreter aus Politik,

Prof. Dr.-Ing Holger Magel
Chair of Land Management in
Urban and Rural Areas (retired)
TUM Senior Excellence Faculty
Honorary President of the
International Federation of
Surveyors

Wirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung, Planungsbüros und NGOs ein „Muss“ ist. Nicht weil Bätzing nun endlich die ersehnten Wahrheiten zum richtigen Umgang bzw. zur Heilung der gestörten Mensch-Umwelt Beziehung verkünden würde, sondern weil er Zweierlei bietet: einerseits ein schier unendliches und für den Leser vielfach neues Hintergrund- und Zusammenhangswissen über den geschichtlichen Bogen von der Entstehung des Menschen bis zur Jetztzeit über viele Epochen hinweg. Er vermittelt zudem viele sehr eigene oder gar eigenwillige Erklärungen und Meinungen, die sicher zu Widerspruch reizen. Widerspruch ist aber erst dann weiterführend, wenn man sehr genau die exzellenten Begründungen von Bätzing kapiert hat. Denn Bätzings Argumentation verrät stets seine umfassende Bildung und Ausbildung in Philosophie, Didaktik, Naturwissenschaft, Theologie, Handwerk und Literatur.

Wenn man sich diesem gewaltigen Buch nähert, ist man erst einmal überrascht und staunt, welchen Mut der Autor aufgebracht hat, die Geschichte von der Entstehung des Menschen bis in die Jetztzeit zusammenzufassen. Dazu werden immer auch methodische Vorüberlegungen in 9 Kapiteln sehr detailliert, didaktisch hervorragend aufgezeichnet, gespickt mit vielen Querverweisen bis hin z.B. zu Jan Assmanns Achsenzeiten. Man lernt sehr viel und würde es fast jedem Lehrer wünschen, dieses Buch für den Unterricht zu verwenden. Was aber die Leser dieses Buchs besonders interessieren dürfte, ist natürlich seine Haltung zur gewaltigen Umwelt- und Klimaveränderung und zu den Vorschlägen, die er daraus in Kapitel 10 entwickelt. Er räumt dabei u.a. mit den gängigen Rezepten des nachsorgenden Umweltschutzes (end of pipe policy) ebenso auf , wie er sich auch der populären Idee entgegenstellt, es genüge doch , wenn man (nur) einen bestimmten Prozentsatz von Fläche für den Naturschutz völlig freistelle. Warum ein Nein? Weil man dadurch den schädlichen Intensivierungsdruck auf den restlichen Flächen nur noch erhöhe. Zu den eher stabilen und umweltfreundlichen Jäger und Sammler - oder zu den egalitären Bauerngesellschaften können wir nicht mehr zurückgehen, aber Grund- oder Überlebensprinzipien aus diesen Epochen sollten wir schon übernehmen bzw. beherzigen: Gemeinschaft statt von der Aufklärung zu stark geförderte Individualität, gemeinschaftliche Werte und Leitideen des Maßhaltens und eine davon beeinflusste aktive Gestaltung (nicht Anpassung) der Natur haben diesen Epochen und den nachfolgenden bis hinauf zur Industriegesellschaft einigermaßen Stabilität verschafft. Der Bruch kam erst mit der global grenzenlosen und unverändert wachstumsorientierten, deshalb auch besonders umweltschädlichen Dienstleistungsgesellschaft. Dazu Bätzing: *„Es liegt am Menschen selbst! Indem er davon ausgeht, dass ihm die gesamte Welt unmittelbar zur Verfügung steht und er all seine Möglichkeiten ins Unendliche perfektionieren kann, wird er zum Homo destructor, und er macht aus seiner lebendigen vielfältigen und attraktiven Lebenswelt eine rein funktionale, sterile und lebensfeindliche Welt, die zugleich alle natürlichen Grundlagen ihrer Existenz zerstört.“*

Als Angehöriger der Nachkriegsgeneration ist man sehr betroffen, dass ausgerechnet ab den 1950er Jahren die Umweltzerstörung besonders maßlos wurde, d.h. dass unser heutiger Wohlstand ab dieser Zeit teuer erkauft wurde.

Ob wir so weitermachen können fragt sich der Leser nach Lektüre dieses Buches? Wohl nein, denn Bätzing legt noch einen drauf riskierend, dass ihm Kassandravorwürfe entgegenhalten werden: *„Die Menschheit führt ein gigantisches Realexperiment mit der gesamten Erde durch, dessen Ausgang völlig ungewiss ist, und bei dem es keinen verantwortlichen Experimentator gibt, der das Experiment abbricht, wenn es problematisch wird.“* Wie wir es ja seit Jahren leidvoll miterleben, sind die Vereinten Nationen zu schwach, hier korrigierend einzugreifen. Bätzing vermutet gar, dass angesichts dieses Vabanquespieles bereits in den nächsten 30 Jahren ein großer Teil der Erde für den Menschen unbewohnbar sein dürfte.

Die Senioren der Nachkriegsgeneration, darunter vor allem die bevölkerungsstarken Baby-Boomer, und die junge Generation (wohl auch die von ihm nicht erwähnte Friday-for-future-Bewegung - oder die Klimaaktivisten) müssen nun gemeinsam die Kraft aufbringen, zu retten, was zu retten ist. Dazu passt, was der Soziologe Heinz Bude in seinem neuen Buch „Abschied von den Boomern“ (so Gustav Seibt in der Süddeutsch Zeitung vom 27./28.Januar 2024) sagt: *„Am Ende hatten es die Boomer bisher gut. Den Übergang von der Industriemoderne des Wirtschaftswunders in die Konsum- und Selbstverwirklichungsgesellschaft haben sie gut genutzt, allerdings um den ungeheuerlichen Preis eines gewaltigen Naturverbrauchs Diese Generation hat eine Spur der ökologischen Verwüstung gelegt. Damit hat sie auch für Kinder und Enkel Zukunft beschnitten und so eine Lage erzeugt, in der Neid auf Frühere statt Hoffnung auf Zukunft Platz greifen kann. Die Boomer haben noch etwas abzarbeiten und gutzumachen“*

An eine langsame Transformation oder plötzliche Revolution mag Bätzing ebenso wenig glauben wie an Patentrezepte, technokratische Lösungen oder gar Ökoromantik. Er bezieht sich auf große Denker wie Darwin, Marx und Freud und stemmt sich gegen zu viel Vernunftdenken, anstatt zu akzeptieren, dass der Mensch ein Wesen ist, dessen Bedürfnisse weit über zweckrationale und „vernünftige“ Zielsetzungen hinausgehen. Er setzt auf Aktivität statt auf Anpassung, auf den Einzelfall und nicht auf allgemein geltende Prinzipien, auf das richtige Maß als Leitidee der Selbstbegrenzung sowie auf die in bäuerlichen Gesellschaften praktizierte ökologische Reproduktion der Kulturlandschaften.

Abschließend macht Bätzing einige praktische Vorschläge, die schon in seinem Buch „Das Landleben“ für Experten der Landentwicklung bereits bekannt sind und zum Teil nur begrenzt realisierbar erscheinen.

Fazit: Das Buch löst einen geistigen (weil fachlich einsichtig) und moralischen (weil jeder mitverantwortlich ist) Appell an den Leser aus, darüber nachzudenken, wie er oder sie in Bürger - und Verantwortungsgemeinschaften in den einzelnen Dorf-, Stadterneuerungs- und Landentwicklungsprozessen einen konstruktiven, realisierbaren Beitrag als Homo constructor und nicht als Homo destructor leisten kann!

Literaturverzeichnis

Bätzing W. (2023) Homo destructor. C.H.Beck Verlag, München

Diskussion

Fragen von Peter Wilderer: In der Rezension von Holger Magel wird anfangs darauf hingewiesen, dass das destruktive Handeln der Menschheit eine Tradition ist, die im Homo sapiens fest verwurzelt ist. Das dem Menschen eigene Machtstreben, die Profitgier und die Selbstbezogenheit waren und sind offensichtlich stärker, als die religiösen und philosophischen Ermahnungen zur Übernahme von Verantwortung für das Ganze. Woher nehmen wir also die Zuversicht, unter den heutigen Zwängen destruktives in konstruktives Handeln wandeln zu können? Liegt die Ursache des bisherigen Scheiterns daran, dass wir glaubten, mit einer zentralen Regulation von oben herab Änderungen im Verhalten erzwingen zu können? Wäre es nicht erstrebenswert, den Stiel umzudrehen, und dem „Top Down“ eine „Bottom-Up“-Strategie entgegenzusetzen? Holger Magel weist in seiner Rezension auf das Subsidiaritäts-Prinzip explizit hin. Das würde eine Einschränkung der Macht staatlicher Institutionen und Konzerne bedeuten sowie eine Verlagerung der Verantwortlichkeiten in den örtlichen Bereich. Was müsste geschehen, damit eine solche Verlagerung konsensfähig würde?

Antwort von Holger Magel: Dass zentrale Regulation von oben herab nicht funktioniert, haben wir nicht nur in Deutschland zur Genüge erlebt. Als Beispiel seien die Abstandsregelungen genannt, die in der Zeit der Covid-Pandemie ergriffen wurden, aber aus Unverständnis von Teilen der Bürger zu entschiedenem Widerstand führten. Auch die Verfechter der „grünen“ Basisdemokratie mussten erkennen, dass ihre Suggestivbehauptung: „Wir sind bereit, Ihr doch auch?“ nicht verfangen hat. Das Wahlvolk fühlte sich überrumpelt.

Mir fehlt auch der Glaube, dass religiöse oder sonstige normative Wertgebote bei der Mehrheit unserer längst säkular gewordenen Bevölkerung noch viel bringen. Die von Bätzing zitierten Gottkönige gibt es nicht mehr. Das kann man bedauern, aber nicht mehr ändern.

Ich halte es mehr mit den Fachleuten der Dorf - und Landentwicklung, die wissen, dass es nur mit der Bevölkerung zielführend ist und nicht gegen sie. Nur wenn die Menschen sich selbst aktiv mit ihrer persönlichen und gemeinsamen z.B. dörflichen Zukunft beschäftigen, kann ein tragfähiger Konsens gefunden werden. Die heimische Bevölkerung erkennt besser als die Staatsregierung, was im eigenen Umfeld getan werden muss, ohne dass Traditionen verloren gehen und die Zukunft der Kinder und Enkel gefährdet wird. Vielfach verlieren die Menschen bei dieser aktiven reflexiven Auseinandersetzung mit gestern, heute und morgen ihre Unsicherheit und Angst vor der Zukunft. Sie sind ihrer Lebensumstände bewusst!

Es geht also nicht ums „Mitnehmen“, wie Politiker so gerne, aber falsch formulieren, sondern um die Aktivierung und Selbstermächtigung der Menschen, um das aktive, im Sinne von selbst Nachdenken und sich selbst die Zukunft vorzustellen, um Leitbilder gemeinsam aufzustellen. Das alles ohne Zwang von oben, sondern freiwillig. Wir nennen das: „Mitmachen wollen, mitmachen lassen, mitmachen können“. Es geht um empowerment, enabling, participation, also um diesen Dreiklang, der beispielsweise in Bayern seit Jahrzehnten erfolgreich praktiziert und an den drei bayerischen Schulen der Dorf - und Landentwicklung in Thierhaupten, Plankstetten und Klosterlangheim gelehrt, gelernt und trainiert wird.

Wundert uns da noch, dass Gemeinden, wenn sie im Rahmen einer Integrierten ländlichen Entwicklung gemeindeübergreifend handeln und zukunftsverträgliche und klimagerechte Vorbildgemeinden geworden sind? Beispielhaft sind dazu in Bayern Gemeinden wie Wildpoldsried, Weyarn und das hochinnovative Kirchanschöring, wo erstmals Bürgerräte etabliert wurden. Überall dort hat eine Zukunft begonnen, wo die von Bätzing geforderte kulturelle Selbstbegrenzung und das richtige Maß zu finden keine Fremdwörter mehr sind. Sie alle sind längst Selbstversorger in

erneuerbarer Energie, haben moderne Glasfaserkabel gelegt und haben Nachhaltigkeit und Nahversorgung in allen Prozessen des Wohnens, Bauens und Zusammenlebens durchdekliniert. Das geht aber nur, wenn es gelingt, die Bürger als aktive Partner (und oft auch als Fachleute) ernst zu nehmen und nicht als hilfsbedürftige Untertanen.

Aus dieser Sicht ist auch klar, dass das Ziel mancher Experten und Politiker, den Flächenverbrauch per Gesetz quantitativ zu begrenzen, nicht gelingen kann. Nur mit den jeweils Betroffenen kann ein gemeinsam aufgestellter und diskutierter Leitbildprozess über den qualitativen und quantitativen Umgang mit der begrenzten Ressource „Grund“ und „Boden“ zum Ziel führen. Es ist längst eine Binsenweisheit, dass solche Prozesse bei einer aktiven, Verantwortung übernehmenden Bürgergesellschaft umso besser funktionieren, je fass- und begreifbarer und je übersichtlicher die Räume und Maßnahmen sind. Hartmut Rosa würde dies den dörflichen oder regionalen Resonanzraum nennen.

Das hierfür bestgeeignete Bottom-Up-Prinzip ist für die vielzitierte Transformation zentral wichtig, schließt aber übergeordnete Vorgaben und einen Ordnungsrahmen nicht aus. Für den erhofften und notwendigen Wandel in den Köpfen als Homo constructor zu wirken, dürfen sich Top-Down-Vorgaben aber nicht an die Stelle der lokalen Entscheidungen setzen bzw. diese erdrücken. Sie sollen dienend wirken im Sinne einer subsidiären Hilfe zur Selbsthilfe, also im Sinne eines Versprechens für staatliche Unterstützungen, Förderungen und Beratungen.

Ich fürchte, dass die fundamentale Bedeutung lokaler Bürgerverantwortung und einer aktiven Bürgergesellschaft für die Große Transformation in vielen Bereichen unseres Lebens in Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung noch nicht ausreichend erkannt ist. Zu oft folgt man alten Gewohnheiten, von oben durchzuregieren. Dies aber ist exakt das Merkmal autoritärer Staaten und in unserer allerdings leider wieder gefährdeten Bürgergesellschaft nicht akzeptabel. Dazu habe ich mit Alois Glück schon vor 20 Jahren zwei Bücher herausgegeben: „Neue Wege in der Kommunalpolitik. Durch eine neue Bürger- und Sozialkultur zur Aktiven Bürgergesellschaft“ sowie auch zusammen mit Thomas Röbbke: „Neue Netze des bürgerschaftlichen Engagements. Stärkung der Familien durch ehrenamtliche Initiativen“. Es lohnt sich, diese Schriften immer wieder in die Hand zu nehmen, wenn wir eine Transformation wollen, eine Transformation mit und nicht gegen den Bürger!

Ko-Evolution statt Herrschaft:

Nicht die Technik gefährdet das Erdsystem, sondern unser Umgang mit ihr!

Seit Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts beschäftige ich mich intensiv mit dem damals aufgekommenen Forschungsthema des Globalen Wandels. Dieses Thema ist entstanden zur Erklärung und nachhaltigen Gestaltung der beobachteten „Großen Beschleunigung“ vor allem nach dem 2. Weltkrieg. Integrative, Disziplinen-übergreifende Forschung zum Globalen Wandel beinhaltet die Verknüpfung von u.a. Bevölkerungswachstum, steigender Ressourcennutzung, Klimawandel, Wasserverknappung als Ausdruck der Einflüsse des Menschen auf das System Erde. Entstanden sind

interdisziplinäre und inklusive globale Forschungsprogramme (z.B. Future Earth). Sie brachten z.B. die Konzepte des Anthropozän, der „planetary boundaries“, der SDGs und viele andere hervor. Ich war über lange Jahre in Forschung, Forschungsberatung, Politikberatung und Umsetzung der Forschungsergebnisse mit Stakeholdern in Deutschland und international an leitender Stelle beteiligt (u.a. GLOWA-Danube Projekt, Vorsitz Nationales Komitee für die Global Change Forschung (DFG+BMBF), Vorsitz ESA-Earth Science Advisory Board, Aufsichtsrat UFZ, etc.) und konnte dabei neben der eigenen Forschung auch entscheidend dazu beigetragen, dass zum Thema „Globaler Wandel“ neue Forschungsinitiativen für die jungen WissenschaftlerInnen bei BMBF, EU und ESA aufgelegt wurden.

Seit meiner Emeritierung 2021 und meinem Wechsel in die Wirtschaft bin ich Teilhaber und Chief Scientist der Firma VISTA GmbH, einer 51%-Tochter der BayWA⁵⁴, in München. VISTA verfolgt erfolgreich ihr Ziel, den Umwelt-Fußabdruck der Landwirtschaft durch digitale Informationstechnologien lokal bis global zu reduzieren und damit zu einer nachhaltigen Landwirtschaft beizutragen.

Prof. Dr. Wolfram Mauser
Ludwig-Maximilians-Universität
Fakultät für Geowissenschaften
Geographie und Fernerkundung
Fellow of AAAS, EASA

Gedanken zur frühzeitigen Abschätzung der Folgewirkungen technischer Eingriffe in die Natur

Der Mensch beeinflusst seine Umwelt und damit das System Erde seit Jahrzehntausenden. Seine ersten Abdrücke, Spuren und Zeitzeugnisse unterscheiden sich grundsätzlich von all dem, was uns Elefanten, Mammuts oder Leguane hinterlassen haben. Es sind Werkzeuge, Selbstbildnisse, Darstellungen von Nahrungswild, Feuer und Sippe. Sie beschäftigen sich mit der Umwelt in einer neuen Weise, zeugen vom Versuch, sie zu beherrschen, vom Willen, sie zu verstehen und zu gestalten und von Höhlenwänden als gemeinsame Selbst-Reflexionsflächen.

Es gibt wenig Anzeichen, dass wir Menschen des Anthropozäns uns von den Menschen der Urzeit unterscheiden. Gedanken zur frühzeitigen Abschätzung der Folgewirkung technischer Eingriffe in die Natur und ihre Selbstregulation müssen deshalb zuvorderst beim Menschen, seiner Herkunft und seinem Wesen ansetzen und nicht bei der Natur, die er herausfordert.

Was dem Menschen in seiner Haltung zur Natur abverlangt wurde, war zum Anfang seiner Entwicklung eher überschaubar. Die Jagd und damit das Verständnis der Beute, der benachbarten Topographie, des Zusammenspiels der Jäger, war Voraussetzung des Überlebens. Hier bewährte sich Orientierung,

⁵⁴ Bayerische Warenvermittlung landwirtschaftlicher Genossenschaften

Koordination, Kommunikation und soziale Bindung in kleinen Sippen, alles Dinge, mit denen der Mensch großzügig ausgestattet ist. Hier entstanden auch schon erste Techniken, die aus Verständnis von Zweck und Eigenschaft Vorhandenes veränderten und nutzten, um das Überleben erfolgreicher zu sichern. Waren die Jagdgründe leer, zog man auf einer grenzenlos erscheinenden Erde weiter.

Die Erfindung der Landwirtschaft, basierend auf der Erkenntnis, dass man von kultivierten Pflanzen leben kann. Die folgende Entscheidung, Pflanzen im großen Stil zu kultivieren, war einschneidend. Sie sollte in Konsequenz nach ein paar Jahrtausenden, also rasend schnell, dazu führen, dass fast alle geeigneten Flächen auf der Erde technisch genutzt werden, um direkte und indirekte Nahrungsmittel zu erzeugen und damit die Biodiversität stark zu reduzieren, den Kohlenstoff der landwirtschaftlichen Böden in die Atmosphäre abzugeben usw. Das Ausmaß dieser Eingriffe in die Natur und seine fehlende Nachhaltigkeit übersteigt alles, was heute im Bereich Geoengineering angedacht ist. Auf der anderen Seite: fast alle von uns gäbe es heute ohne die Einführung der Landwirtschaft nicht, nicht zu reden von der weiteren technischen Entwicklung, die auf dem kulturellen Erfolg der Landwirtschaft aufbaute.

Gab es am Anfang der Entwicklung bewusste Entscheidungen für die Landwirtschaft auf der Grundlage einer *frühzeitigen Abschätzung der Folgewirkung technischer Eingriffe in die Natur*? Wohl nicht, wir wissen es aber nicht. Ich halte es für ziemlich unwahrscheinlich, dass damals in Mesopotamien oder in Südamerika oder in China ein Rat von weisen Männern und Frauen zusammensaß, das verfügbare Wissen zu den Pros und Contras der Einführung der Landwirtschaft sichtet und dann mit einer Mehrheit von, sagen wir, 10 zu 2 für die Einführung der Landwirtschaft votierte, wohl informiert über die möglichen Konsequenzen.

Hätten sie damals mit ihrem Wissen den Einstieg in die Landwirtschaft ablehnen können? Wohl kaum! Gegenüber den langfristigen Folgen schienen die kurzfristigen Vorteile vor allem für Einzelne unter ihnen viel zu verlockend: Reduzierung des Hungers, der Mühen der Jagd bei steigender Bevölkerung, der Stammesfehden und Kriege um immer knappere Jagdgründe.

Hätten sie damals mit ihrem Wissen den Einstieg in die Landwirtschaft ablehnen sollen? Eher ja! Resultat wären eine sehr leidvolle, aber nicht unmögliche Begrenzung der Einwohnerzahl und der Inanspruchnahme der Erde auf ein nachhaltiges Maß, Friedensgespräche zwischen den Stämmen und eine bis heute sehr reiche Tradition des Menschen als Jäger und Sammler gewesen.

Warum verstört im Kontext einer *frühzeitigen Abschätzung der Folgewirkungen technischer Eingriffe in die Natur* dieser Blick auf die Einführung der Landwirtschaft? Man könnte als Rechtfertigung ja ins Feld führen, erstens: sie hatten keine Chance, die Konsequenzen zu überblicken und zweitens: es gab keine Alternative zur Landwirtschaft, den Menschen ist ja gar nichts anderes übriggeblieben. Verzicht als Alternative zur Aneignung der landwirtschaftlichen Technik und Vertrauen in die Selbstregulation der Natur waren allerdings durchaus genauso denkbar und möglich, wie er heute mitunter gefordert wird. Wir können auch getrost davon ausgehen, dass es damals schon Menschen gab, die zur Erhaltung des Status quo ganz im Sinne z.B. von Teilen des heutigen Biodiversitätsdiskurses eine Verdrängung der Wildtiere durch die Landwirtschaft kritisch sahen und gegen die Einführung der Landwirtschaft kämpften. Beide Rechtfertigungen sind aus meiner Sicht damit hinterfragt. Beide Rechtfertigungslinien finden sich allerdings durchaus in ähnlicher Form im aktuell heftig geführten Diskurs zur gesellschaftlichen Transformation hin zur Nachhaltigkeit.

Was also, wenn man es weiß (wie beim Klimawandel und seinen Folgen) und wenn Alternativen existieren (Dekarbonisierung der Zivilisation); wenn man die *Folgewirkungen technischer Eingriffe in die Natur* also kennt? Die Antworten hängen sehr vom Wahrnehmungskontext ab. Welche technischen Möglichkeiten dürfen wir also ergreifen,

- a) um die Welt vor dem von Teilen der Wissenschaft postulierten, vom Menschen ausgelösten drohenden Zusammenbruch des Erdsystems zu bewahren. Die Antwort muss wohl heißen: alle, die wirken! Es geht um unser Leben und Tod!
- b) um die Welt so zu erhalten, wie wir (die Lebenden) sie kennen (z.B. Versuche der regionalen Mitigation der Klimawandels). Die Antwort sollte aus meiner Sicht heißen: Vorsicht! Es geht nicht um unser Leben und Tod! Es geht ziemlich sicher um sektorale oder geographische Partikularinteressen und weniger um das große Ganze.

In dieser Diskussion ist bisher die Art der technischen Lösung selbst völlig vernachlässigt worden. Sie scheint mir auch nicht das zentrale Problem. Technische Folgeabschätzungen existieren oft weit vor dem Einsatz der Technik selbst und oft zeigt sich, dass jemand, der eine Technik entwickelt oder plant (Atombombe, Bewässerung, Verbrennungsmaschine) auch ein gutes, vielleicht das beste Verständnis für ihre möglichen Folgen hat. Den sowjetischen Agraringenieuren, die zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Bewässerungssysteme zum Baumwollanbau am Sir-Darja planten, war sehr wohl bekannt, dass diese langfristig zum Verschwinden des Aralsees führen. Trotzdem wurden sie gebaut! Den Kernphysikern war sehr wohl bekannt, welche Wirkung freigesetzte Radioaktivität auf lebende Organismen hat. Trotzdem wurde die Atombombe schlussendlich eingesetzt! Es fehlt also weniger an Folgenabschätzung als an ihrer Bewertung und rigoroser Berücksichtigung bei den jeweiligen Entscheidungen.

Die möglichst umfassende Folgenabschätzung technischer Lösungen ist eine notwendige Voraussetzung für einen *verantwortungsvollen Ersatz der Selbstregulation natürlicher Systeme* im Anthropozän. Allein, sie ist noch kein *verantwortungsvoller Ersatz der Selbstregulation natürlicher Systeme*. Es stellt sich mir vielmehr die Frage, welche Bedeutung diese postulierte Selbstregulation natürlicher Systeme im Anthropozän mit seiner vom Menschen weitgehend überformten Natur noch haben kann. Die Selbstregulation natürlicher Systeme ist für den Menschen und seine Zivilisation nur am Rande zuständig, sie reguliert die Natur. Wollten wir also ausschließlich auf die Selbstregulation natürlicher Systeme im Überleben unserer Zivilisation vertrauen, müssten wir konsequenter Weise Entscheidungen, z.B. für die Landwirtschaft revidieren. Dies allerdings erscheint uns unmöglich und sinnlos, da es unsere Zivilisation negieren würde.

Auf der anderen Seite fußen auch unsere Zivilisation und ihre Technologien auf den natürlichen Grundlagen, die die Erde bereitstellt. Kein von mir denkbare, technisches System wird in der Lage sein, Zivilisationen (z.B. unsere nicht-nachhaltige) ohne Wechselwirkung mit der Natur, geschweige denn gegen ihre Selbstregulationsmechanismen über längere Zeit hinweg aufrecht zu erhalten. Die Machtphantasie, die Selbstregulation der Natur im Anthropozän durch Zivilisation zu ersetzen ist damit brandgefährlich. Wir sollten damit im Anthropozän keinen Ersatz der Selbstregulation natürlicher Systeme durch Technik suchen, sondern eine verantwortungsvolle Ergänzung dieser, um in egoistischer Weise die Erhaltung unserer Zivilisation innerhalb der Natur des Planeten zu sichern.

Vorschläge, wie eine nachhaltige Resilienz technischer Lösungen erreicht werden könnte

Aus meiner Sicht können Vorschläge zum Erreichen nachhaltiger Resilienz technischer Systeme am besten erreicht werden, wenn man sie als verantwortungsvolle Ergänzung der Selbstregulation der Natur versteht und entwickelt. In meinen weiteren Ausführungen bleibe ich deshalb bewusst allgemein, da eine nachhaltige Resilienz (egal von was) nicht durch eine Aufzählung von Einzelpunkten zu erreichen ist. Ein Gegensatz scheint mir zentral:

Zum einen, so glaube ich, können wir der Natur getrost fehlendes Interesse an uns und unserer Zivilisation unterstellen. Auch erscheint die Selbstregulation der Natur nicht auf einen Zweck gerichtet. Im Gegensatz dazu ist Technik in aller Regel als Ergebnis zivilisatorischer Aktivitäten zutiefst zweckgeleitet und vor allem in aller Regel von sektoralen und/oder geographischen Partikularinteressen getrieben (Geld, Macht, Eroberung, Verteidigung, etc.).

Wäre eine technische Lösung damit nachhaltig resilient, nachdem sie von allen Partikularinteressen befreit wurde und einem Zweck dient, der von unserer Weltzivilisation nach reiflicher Abwägung als kompatibel zur Natur anerkannt wurde? Sie wäre damit im Besitz der Menschheit, frei von geistigem Eigentum und Patenten und ihre Nutzung allen zugänglich. Sie diene der Weiterentwicklung der gesamten Zivilisation und der Sicherung unserer Lebensgrundlagen innerhalb einer intakten Natur des Planeten. Sie würde angewandt, gefördert und weiterentwickelt von den Wohlhabenden zum Wohle Aller, auch derer, die sie sich nicht leisten können. Sie wäre im Menschheitsinteresse und würde nicht nur die Interessen Einzelner (regional, sektoral oder generational) bedienen. Es würde sich aus meiner Sicht lohnen, bisherige technische Lösungen nach diesen Kriterien zu bewerten. Als Resultat ergäbe sich wohl eine andere Art von Technik z.B. in Landwirtschaft, Mobilität oder Medizin.

Erste scheue Ansätze zeigen sich aus meiner Sicht z.B. in der Wahrnehmung der Patentrechte bei Aids-Medikamenten oder bei der Diskussion über bewusste und kostenlose Weitergabe von technischem know-how zur Gewinnung erneuerbarer Energie an Entwicklungs- und Schwellenländer.

Diskussion

Frage von Peter Wilderer: Wolfram Mauser sowie zuvor auch Martin Grambow weisen in ihren Beiträgen auf das sogenannte Geoengineering hin, ein Thema, das zu Beginn des 21. Jahrhunderts hohe Wellen schlug. Da es mehr als zweifelhaft ist, dass das von der Weltgemeinschaft avisierte 1,5-Grad-Limit eingehalten werden kann, flammt „Geoengineering“ als mögliche Rettungsmaßnahme wieder auf.

Meine Frage ist: Ab welcher räumlichen Dimension können wir von Geoengineering sprechen? Sprechen wir von Maßnahmen, die den gesamten Globus betreffen, oder gilt bereits eine lokale Einflussnahme als Startpunkt für Geoengineering. Wäre also die künstliche Überregnung eines Waldstücks bereits ein Startpunkt für Geoengineering?

Antwort von Wolfram Mauser: Geoengineering hat im Rahmen der Diskussionen auf der COP28 eine „Wiederauferstehung“ erreicht. Die Öl-produzierenden Länder wehren sich gegen einen Beschluss zum Ausstieg aus den Fossilen. Sie argumentieren, dass man aus den Fossilen ja gar nicht aussteigen muss, da man in Zukunft das CO₂ aus der Atmosphäre entnehmen und speichern kann (CCS). Es wird dabei also auf eine zukünftig vielleicht vorhandene und vielleicht sogar billige Technologie gehofft, die global angewandt ein globales Problem löst. Diese zukunftsverliebte und „naive“ Diskussion zum CCS ist aus meiner Sicht natürlich höchst problematisch.

Diese COP28-Diskussion hat m.E. viel von Geoengineering, weil es um die Anwendung einer Technologie geht, die

1. ein globales Problem anspricht, das alle Menschen betrifft,
2. eine Technologie im globalen Maßstab angewendet werden soll, um das Problem zu lösen.

Ich glaube, diese Kriterien sind ausreichend, um Geoengineering zu charakterisieren. Nach dieser Definition gibt es für Geoengineering keine Skala, sondern nur eine Absicht.

Fragen wären aus meiner Sicht eher so zu stellen:

Ist Forschung zum Geoengineering, die sich in einem Waldstück abspielt, schon Geoengineering? Eher nein!

Wäre die Manipulation des atmosphärischen Wasserkreislaufs zur Behebung von Dürren überall dort, wo Wasser fehlt, Geoengineering? Aus meiner Sicht ja!

Kann die „künstliche“ Überregnung eines Waldstückes für sich genommen eine Antwort geben auf die Frage, ob dieses Geoengineering funktioniert? Aus meiner Sicht und begründbar eher nein!

Anmerkung von Peter Wilderer: Um die verschiedenen Bezüge des Begriffs „Geoengineering“ zu entflechten, schlage ich vor, den lokal wirksamen Eingriff des Menschen in die Natur mit dem Begriff „Ecoengineering“ zu belegen.

„Geo“ steht bekanntlich für „Erde“ als Ganzes. Also wäre ein typisches Beispiel für Geoengineering die Montage eines Schirms am Lagrange-Punkt, um die Erdtemperatur zu regeln. „Eco“ leitet sich aus dem Altgriechischen Wort für „Haus“ ab, und hat so einen Bezug auf den örtlichen Lebensraum. Die Bepflanzung eines Ackers mit Monokulturen, die Rodung von Waldstücken zur Gewinnung von Ackerland oder die künstliche Beregnung eines Waldstücks oder eines Ackers wären typische Beispiele für Ecoengineering.

In jedem Fall haben Geoengineering und Ekoengineering potenziell positive und negative Auswirkungen. Sowohl Geoengineering als auch Ecoengineering erfordern vor der Entscheidung einer praktischen ihrer Anwendung eine strenge Risikobewertung.

Mein Fazit aus dieser Diskussion ist:

Geoengineering ist ein Begriff, der sich auf den planmäßigen Eingriff in das Erdsystem bezieht (siehe Beitrag von Martin Grambow

Dabei hat Geoengineering keine räumliche, wohl aber eine zeitliche Dimension.

Geoengineering ist nicht als Privileg der Ingenieure zu verstehen. Der Begriff bezieht sich auf planmäßige Einflussmaßnahmen, die von jeder einzelnen Person wie auch von den Organen der menschlichen Gesellschaft ergriffen werden, um in die Zukunft zu wirken.

Im biotischen Teil des Erdsystem sind Reaktionen auf äußere und innere Einwirkungen genetisch kodiert und kontrolliert.

Im Gegensatz dazu werden Reaktionen auf Eingriffe in Teile oder in die Gesamtheit des Erdsystems durch den Willen von Akteuren ausgelöst.

Um nachhaltig wirksame Erfolge zu erzielen, spielt das Prinzip Verantwortung, wie es von Hans Jonas in seinem gleichnamigen Buch ausführlich dargestellt wurde, eine entscheidende Rolle.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die biotische Selbstregulation kein Modell für anthropogene Systeme sein kann. Die biotische Selbstregulation kann allenfalls als Benchmark für ein nachhaltiges, verantwortliches Handeln dienen.

Antwort von Wolfram Mauser: Ob ich mit diesem Fazit einverstanden sein kann, muss sich erst noch zeigen

Naturnahe Abwasserbehandlungs-Systeme für häuslicher Abwässer

Eine Botschaft aus Indien

Einführung

Im Zuge des zivilisatorischen Fortschritts haben der ungebremste Bevölkerungsanstieg, der verbesserte Lebensstandard und der wirtschaftliche Fortschritt zu einem enormen Süßwasserverbrauch führt, der zu etwa 70-80 % von privaten Haushalten verursacht wird (Mahapatra et al., 2022). Derzeit werden weltweit rund 380 Milliarden m³ kommunales Abwasser pro Jahr freigesetzt, und es wird erwartet, dass dieser Wert bis 2030 um 24 % und bis 2050 um 51 % steigen wird (Qadir et al., 2020). Laut UN-Water (2017) lag der Anteil der unbehandelten Abwässer, die in die Umwelt gelangen, bei 30 %, 62 %, 72 % bzw. 92 % für Länder mit hohem, oberem und mittlerem Einkommen sowie für Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen. So werden beispielsweise in Indien nur 13,5 % der Abwässer angemessen behandelt (Chowdhury et al., 2022).

Rao Surampalli, PhD
Director US EPA (retired)
President of Global Institute for
Energy, Environment, Sustainability
Wastewater Treatment Science
Fellow of AAAS, EASA, IWA

Die direkte Einleitung häuslicher Abwässer in die Gewässer verringert den verfügbaren gelösten Sauerstoff (DO), verursacht Eutrophierung und verschlechtert die Qualität der Ökosysteme. In Anbetracht der Notwendigkeit einer nachhaltigen Entwicklung ist es wichtig, natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien (NWWTSTs) für die Sanierung und Rückgewinnung von Ressourcen (z. B. N, P, Energie) aus häuslichem Abwasser zu erforschen, was im Mittelpunkt dieses Kapitels steht. Es handelt sich dabei um technische Systeme, die einer natürlichen Selbstregulation breiten Raum einräumen. Man kann sie demnach auch als ökologische Hybrid-Systeme bezeichnen

Ausgewählte natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien für die Behandlung von häuslichem Abwasser

Verschiedene natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien werden von Ramakrishnan et al. (2016) beschrieben. Im Folgenden werden ausgewählte natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien besprochen, darunter Abwasserstabilisierungsteiche (WSPs), Pflanzenkläranlagen (CWs), Vermifiltration/Makrophyten-unterstützte Vermifiltration (VF/MAVF) und pflanzenbasierte aquatische Systeme.

Abwasserstabilisierungsteiche (WSP)

Sie lassen sich grob in aerobe Teiche, anaerobe Teiche, fakultative Teiche und Reifungsteiche einteilen (Mahapatra et al., 2022). Hasan et al. (2019) nutzten eine WSP zur Abwasserbehandlung und stellten eine Entfernung von > 90 % bzw. 50 % des biologischen Sauerstoffbedarfs (BSB) und des Gesamt-N (TN) fest. De Assis et al. (2020) erreichten mit einer aeroben WSP mit hohem Durchsatz zur Behandlung häuslicher Abwässer eine Entfernung von 59 %, 77 % bzw. 16 % des chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB), Ammonium N (NH₄⁺-N) und Gesamt-P (TP).

Pflanzenkläranlagen.

Pflanzenkläranlagen können grob in vier Typen eingeteilt werden: Kläranlagen mit freier Wasseroberfläche (FWS-Kläranlagen), Kläranlagen mit horizontalem Untergrunddurchfluss (HSSF-Kläranlagen), Kläranlagen mit vertikalem Untergrunddurchfluss (VSSF-Kläranlagen) und hybride Kläranlagen (HCWs) (Ramakrishnan et al., 2016). Die wichtigsten Wege zur Schadstoffentfernung in Kläranlagen sind Adsorption, mikrobieller Abbau und Pflanzenaufnahme. In VSSF-Kläranlagen sorgt die bessere Verteilung des Abwassers für ein aerobes Milieu innerhalb des Systems, was den aeroben Abbau von organischen Stoffen erleichtert. In HSSF-Kläranlagen hingegen überwiegt der anaerobe biologische Abbau von organischen Stoffen. HSSF gewährleisten aufgrund der verbesserten Redoxbedingungen eine verstärkte Entfernung von Schadstoffen (Chowdhury et al., 2022). Rahi et al. (2020) setzten zwei VSSF-CWs im Pilotmaßstab ein und stellten fest, dass die begrünten VSSF-CWs 86 %, 85,9 %, 82,1 %, 59,6 % bzw. 65,5 % der CSB-, BSB-, NH₄-N-, PO₄₃-P- und TSS-Entfernung gewährleisteten, während die gleichen Werte für die nicht begrünten VSSF-CWs 80 %, 80,9 %, 74,9 %, 36 % bzw. 56,4 % betragen.

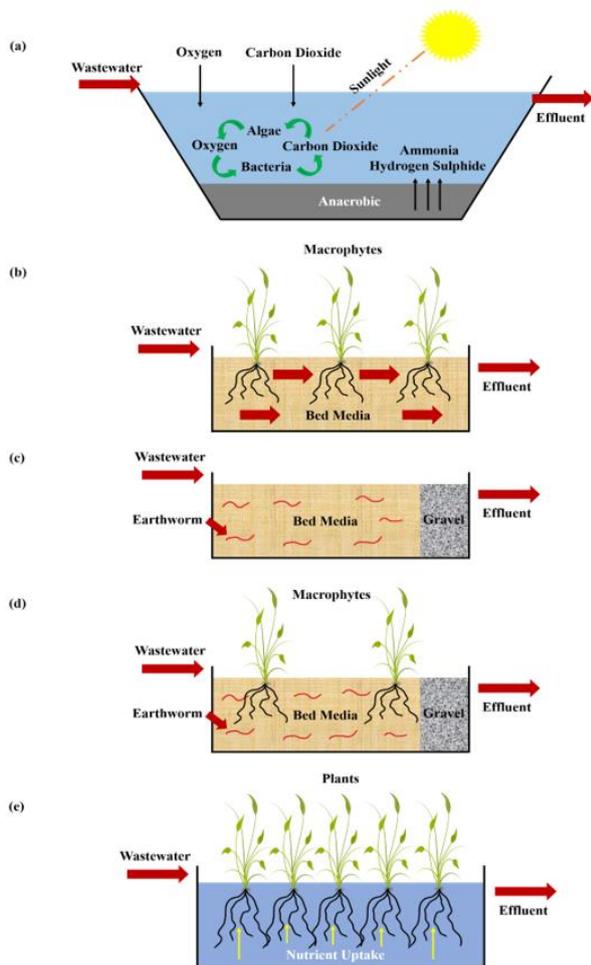
Makrophyten-unterstützte Vermifiltration.

Hier handelt es sich um Bodenbiofilter, in denen die gemeinsame Aktion von Regenwürmern und Mikroben, die Schadstoffe aus dem Abwasser entfernen. Regenwürmer führen eine Reihe von Wühltätigkeiten aus, einschließlich der Aufnahme größerer Partikel im Abwasser, der Zerkleinerung der aufgenommenen Partikel, der Verdauung der zerkleinerten Partikel mit Hilfe von Darmmikroben und der Ausscheidung als Guss, der mit Nährstoffen, Enzymen und Mikroben angereichert ist (Chowdhury et al., 2023). Manchmal werden Makrophyten und Regenwürmer in eine einzige Filtrationseinheit integriert, die als makrophyten-gestützter Wurmfilter bekannt ist, um die Behandlungseffizienz eines Wurmfilters weiter zu verbessern. Arora et al. (2016) setzten einen Vermifilter aus *Eisenia fetida*-Regenwürmern zur Behandlung von häuslichem Abwasser ein und erreichten eine Entfernung von > 85,5 %, 77,8 %, 90 % bzw. 82,2 % von BSB, CSB, NH₄-N und TSS. Chowdhury & Bhunia (2021) verwendeten einen zweistufigen Makrophyten-unterstützten Wurmfilter mit *Eisenia fetida*-Regenwürmern und *Canna indica*-Makrophyten zur Behandlung häuslicher Abwässer und stellten fest, dass das System eine 67-77%ige, 74,4-98,2%ige bzw. 73-87%ige Entfernung von CSB, NH₄⁺-N und TN gewährleistet.

Aquatische Systeme auf Pflanzenbasis.

Diese dienen der Phytoremediation von Abwasser, wobei *Eichhornia crassipes* (Wasserhyazinthe), *Pistia stratiotes* L. (Wassersalat) und *Lemna minor* L. (Wasserlinse) die am häufigsten verwendeten Makrophyten sind. Das Abwasser kann frei über ein undurchlässiges Medium fließen, und die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe werden von den Wurzeln der Makrophyten aufgenommen. Außerdem erleichtern die im Wurzelbereich der Makrophyten lebenden Mikroben den Abbau der im Abwasser enthaltenen organischen Stoffe. Alade & Ojoawo (2009) untersuchten das Potenzial der Wasserhyazinthe für die Reinigung häuslicher Abwässer und erzielten 48,9 % bzw. 46,2 % Entfernung von BSB und CSB.

Ökologische Nachhaltigkeit natürlicher Abwasserbehandlungssysteme/-technologien



Schematic representations of the natural wastewater treatment systems: (a) WSP, (b) CW, (c) VF, (d) MAVF, and (e) Plant-based aquatic system.

biogenem CO_2 bei Eins liegt, während das GWP von CH_4 und N_2O 25 bzw. 298 beträgt (Chowdhury et al., 2022). Mander et al. (2014) fanden heraus, dass bei der Behandlung von häuslichem Abwasser die CH_4 -Emissionen aus einer FWS-CW und einer HSSF-CW 1,8 bzw. 6,4 $\text{mg}/\text{m}^2\text{-h}$ und die N_2O -Emissionen 0,031 bzw. 0,42 $\text{mg}/\text{m}^2\text{-h}$ betragen. Singh et al. (2017) berichteten, dass die Freisetzungsrates von Treibhausgasen aus konventionellen Kläranlagen mit anaerobem Schlammdeckenverfahren und Belebtschlammverfahren bis zu 1.317.375 bzw. 71.696 Tonnen $\text{CO}_2\text{-Äq}/\text{Jahr}$ betrug. Lourenco & Nunes (2021) berichteten, dass der Ersatz des herkömmlichen Belebtschlammverfahrens durch die VF-Technologie zu einer Verringerung des GWP von 264 auf 183 $\text{kg CO}_2\text{-Äq}$ und des Eutrophierungspotenzials von 20,7 auf 7,51 $\text{kg PO}_{43}\text{-Äq}$ führte.

Außerdem können natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien zur Stabilisierung des in konventionellen Kläranlagen anfallenden Schlammes verwendet werden. In Vermifiltern wirken Regenwürmer als Schlammstabilisatoren und scheiden den stabilisierten Schlamm als Wurmkompost aus, der als Bodendünger verwendet werden kann. Webster (2005) berichtete, dass der Ersatz von chemischen Düngemitteln durch Wurmkompost zu einer Ertragssteigerung von 23 % bei den Weintrauben führte. Alade & Ojoawo (2009) fanden heraus, dass der Schlamm, der bei der Behandlung von häuslichem Abwasser mit Wasserhyazinthe anfällt, aufgrund seiner Nährstoffanreicherung direkt als Biodünger verwendet werden kann. Bei der Ausbringung von organischen Düngemitteln werden die darin gespeicherten Nährstoffe (d.h. N und P) mit dem Boden vermischt und stehen für die Pflanzenaufnahme zur Verfügung, wodurch das Wachstum von Pflanzen/Kulturen gefördert wird. Auf diese Weise erleichtern natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien die Rückgewinnung

von Nährstoffen aus häuslichen Abwässern. Abgesehen vom Schlamm ist das behandelte Abwasser aus den NWWTSTs entgiftet, hat ein klares Aussehen und ist mit gelöstem Sauerstoff und Nährstoffen angereichert. Daher kann es für die Bewässerung, den Gartenbau und andere nicht trinkbare Zwecke verwendet werden und unterstützt das Überleben von Wasserlebewesen, wodurch das Gleichgewicht des aquatischen Ökosystems aufrechterhalten wird (Chowdhury et al., 2023).

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien haben ein gutes Potenzial, häusliche Abwässer zu reinigen, indem sie eine wesentliche Entfernung von organischen Stoffen und Nährstoffen gewährleisten. Außerdem minimiert jedes der vorgestellten Systeme den Bedarf an nicht erneuerbaren Ressourcen, bewahrt die Qualität von Luft, Wasser und Boden, fördert die Erhaltung aquatischer und landbasierter Ökosysteme, erleichtert die Rückgewinnung von Nährstoffen aus häuslichen Abwässern und produziert nährstoffreiches und entgiftetes Abwasser, das für Bewässerungszwecke verwendet werden kann, wodurch die Kriterien für ökologische Nachhaltigkeit erfüllt werden. Im Folgenden werden jedoch einige Empfehlungen zur weiteren Verbesserung der nachhaltigen Widerstandsfähigkeit von natürlichen Abwasserbehandlungssysteme/-technologien gegeben.

Obwohl diese eine beträchtliche Wirksamkeit bei der Beseitigung von Schadstoffen gewährleisten, sind eingehende Forschungen erforderlich, um die Behandlungseffizienz natürlicher Systeme weiter zu verbessern.

Natürliche Abwasserbehandlungssysteme/-technologien beseitigen die Treibhausgasemissionen während ihrer Behandlungsprozesse nicht vollständig. Um sie weiter zu verringern, sind gründliche Forschungen unerlässlich.

N.B. Dieser Beitrag wurde unter Federführung von Rao Surampalli durch Wissenschaftler aus Indien gestaltet, nämlich: Sanket Chowdhury, Puspendu Bhunia, Tian Zhang

Literaturverzeichnis

- Abello-Passteni, V., Munoz Alvear, E., Lira, S., & Garrido-Ramirez, E. (2020). Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in Chile. *Tecnologia y Ciencias del Agua*, 11(2), 190-228.
- Alade, G. A., & Ojoawo, S. O. (2009). Purification of domestic sewage by water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *International J. Environmental Technology and Management*, 10(3-4), 286-294.
- Arora, S., Rajpal, A., & Kazmi, A. A. (2016). Antimicrobial activity of bacterial community for removal of pathogens during vermifiltration. *Journal of Environmental Engineering*, 142(5), 04016012.
- Chowdhury, S.D., & Bhunia, P. (2021). Simultaneous carbon and nitrogen removal from domestic wastewater using high rate vermifilter. *Indian Journal of Microbiology*, 61, 218-228.
- Chowdhury, S. D., Bhunia, P., & Surampalli, R. Y. (2022). Sustainability assessment of vermifiltration technology for treating domestic sewage: A review. *J. Water Process Engineering*, 50, 103266.
- Chowdhury, S. D., Bhunia, P., Zhang, T. C., & Surampalli, R. Y. (2023). Nitrogen transformation dynamics in macrophyte-assisted high-rate vermifilter treating real domestic sewage. *Journal of Water Process Engineering*, 55, 104171.
- de Assis, L. R., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Silva, T. A., & Teixeira, J. S. (2020). Innovative hybrid system for wastewater treatment: high-rate algal ponds for effluent treatment and biofilm reactor for biomass production and harvesting. *Journal of Environmental Management*, 274, 111183.
- Hasan, M. M., Saeed, T., & Nakajima, J. (2019). Integrated simple ceramic filter and waste stabilization pond for domestic wastewater treatment. *Environmental Technology & Innovation*, 14, 100319.
- Lourenço, N., & Nunes, L. M. (2021). Life-cycle assessment of decentralized solutions for wastewater treatment in small communities. *Water Science and Technology*, 84(8), 1954-1968.

- Mahapatra, S., Samal, K., & Dash, R. R. (2022). Waste Stabilization Pond (WSP) for wastewater treatment: A review on factors, modelling and cost analysis. *Journal of Environmental Management*, 308, 114668.
- Mander, Ü., Dotro, G., Ebie, Y., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Nogueira, S. F., Jamsranjav, B., Kasak, K., Truu, J., Tournebize, J., & Mitsch, W. J. (2014). Greenhouse gas emission in constructed wetlands for wastewater treatment: a review. *Ecological Engineering*, 66, 19-35.
- Qadir, M., Drechsel, P., Jiménez Cisneros, B., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., & Olaniyan, O. (2020, February). Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. In *Natural resources forum* (Vol. 44, No. 1, pp. 40-51). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Rahi, M. A., Faisal, A. A., Naji, L. A., Almuktar, S. A., Abed, S. N., & Scholz, M. (2020). Biochemical performance modelling of non-vegetated and vegetated vertical subsurface-flow constructed wetlands treating municipal wastewater in hot and dry climate. *Journal of Water Process Engineering*, 33, 101003.
- Ramakrishnan, A., Zhang, T.C., and Surampalli, R.Y. (2016). Green and sustainable natural wastewater treatment/disposal technologies. Ch. 6 in *Green Technologies for Sustainable Water Management*. Ngo, H.H., Guo, W.S., Surampalli, R., and Zhang, T.C. (eds.), ASCE, Reston, Virginia, 2016.
- Singh, V., Phuleria, H. C., & Chandel, M. K. (2017). Estimation of greenhouse gas emissions from municipal wastewater treatment systems in India. *Water and Environment Journal*, 31(4), 537-544.
- UN-Water. (2017). The United Nations World Water Development Report, Wastewater: the Untapped Resource. <https://www.unep.org/resources/publication/2017-un-world-water-development-report-wastewater-untapped-resource>. (Date accessed: 06 October 2023).

Diskussion

Anmerkung von Peter Wilderer: Der Artikel von Rao Surampalli und seinen Ko-Autoren weist darauf hin, dass die in den Industrieländern entwickelten und weitläufig eingesetzten Methoden zur Reinigung von Abwässern nicht als allgemeingültiges Modell eingestuft werden kann, um die Sanitär-Probleme in der Welt zu lösen. Die International Water Association (IWA) hat bereits vor Jahrzehnten eine Arbeitsgruppe (Specialist Group on Small Water and Wastewater) eingerichtet, deren Aufgabe es ist, alternative Systeme zur Abwasserbehandlung aufzuzeigen. Die in dem Kapitel aufgezeigten „Natürlichen Abwasserbehandlungssysteme“ gehören dazu. Sie sollten allerdings als Teil eines übergeordneten Systems verstanden werden, das die Einrichtungen zur Trinkwasserversorgung im ländlichen Raum einschließt sowie die Ausbildung der Personen, die für den Betrieb solcher Systeme benötigt werden.

Dazu möchte ich auf ein Projekt aufmerksam machen, das im indischen Bundesstaat Tamil Nadu angesiedelt ist und weltweite Aufmerksamkeit auslöste. In dem Dorf Odanthurai, 40 km entfernt von der Stadt Coimbatore, haben schon seit dem Jahr 1996 die Frauen des Dorfes unter Leitung der Tochter des Dorfältesten den Entschluss gefasst, die Lösung der örtlichen Wasserprobleme in die eigene Hand zu nehmen. Der Dorfälteste hatte seiner Tochter eine universitäre Ausbildung im Fach Mikrobiologie verschafft. Sie und einige ihrer Kommilitonen etablierten Stück für Stück und mit einfachen Mitteln den Transport von Wasser aus dem Fluss unterhalb des Dorfes. Der angestammte dörfliche Charakter des Dorfs blieb trotz der „Moderne“ erhalten.

Es entstand eine Anlage zur Erzeugung von qualitativ hochwertigem Trinkwasser, eine Anlage zur natürlichen Abwasserreinigung sowie eine Anlage zur Erzeugung von elektrischem Strom mittels Biogases und Windkraft. Trotz dieser Errungenschaften bestanden die Frauen auf der Erhaltung des angestammten dörflichen Lebens. Nachzulesen beispielsweise in: [Inspiring self-powered village – Odanthurai \(ecoideaz.com\)](https://www.ecoideaz.com/).



Gelebte Subsidiarität am Beispiel des Dorfs Odanthurai, Indien

Tradition trifft Moderne

Foto: Peter Wilderer

Antwort von Rao Surampalli: Wir lernen daraus, dass nachhaltig wirksame technische Prozesse eine Kombination aus lokaler Initiative, solider Ausbildung, Erfindungsreichtum, praktischem Wissen und Unternehmertum erfordern, die alle in den lokalen Traditionen und der Kultur verankert sind. Die Lösungen, die auf diesem Boden entstehen, werden im ländlichen Niederbayern anders aussehen als im ländlichen Tamil Nadu. Die Vielfalt der technischen Lösungen ist so wichtig wie die Vielfalt der Arten in den Ökosystemen.

Strategische Überlegungen zum Umgang mit Erdkrisen

Eine Botschaft aus China

Die Entwicklung der Erdkrisen

Verglichen mit der 4,6 Milliarden Jahre langen Geschichte der Erde und der 3,8 Milliarden Jahre langen Geschichte des Lebens ist das, was Paul Jozef Crutzen als Anthropozän bezeichnet, die Geschichte, die mit der industriellen Revolution im späten 18. Jahrhundert begann. Gerade in dieser kurzen Zeit hat sich die Interaktion zwischen Menschen und Natur stark intensiviert, und infolgedessen haben wir Menschen eine zunehmende Veränderung des globalen Klimas eingeleitet. Wir bemühen uns, die Zunahme extremer Wetterereignisse durch eine Verringerung der Treibhausgasemissionen einzudämmen. Gleichzeitig hat jedoch der Verlust der biologischen Vielfalt dazu geführt, dass die Artenvielfalt zwischen 1970 und 2008 weltweit um 28 % abgenommen hat. Die Naturkrisen auf der Erde verschärfen sich von Tag zu Tag.

Dr. Yonghui Song

Chief Scientist of the Chinese Research
Academy of Environmental (CRAES)
Sciences

Adjunct Prof. Tsinghua University

River Basin Water Management

Fellow of EASA

Bewältigungsstrategien

Im Allgemeinen lassen sich die Absichten zur Bewältigung des globalen Klimawandels in drei Kategorien einteilen:

1) Nichts-Tun.

William D. Nordhaus wies darauf hin: "Die globale Erwärmung ist nur einer von vielen historischen Fällen, in denen die Bemühungen, die Natur zu verstehen, durch menschliche Sturheit untergraben werden." Einige Menschen und sogar Regierungen ignorieren die Auswirkungen von Treibhausgasen oder erkennen sie aufgrund von Unsicherheiten nicht an, und einige Regierungen ziehen sich sogar nach Belieben aus dem Pariser Abkommen zurück.

2) Aktives Geo-Engineering

Es gibt mehrere Vorschläge zur Entwicklung von Strahlungsmanagement-Technologien wie die Injektion von Aerosolen in die Stratosphäre, die Aufhellung von Wolken im Ozean und die Installation von Spiegeln im Weltraum. Die Kosten und die Ungewissheit dieser Maßnahmen begrenzen die Möglichkeit ihres Einsatzes. Technologien zur Beseitigung von Kohlendioxid, Aufforstung, Gewinnung von Bioenergie mit Kohlendioxidabscheidung und -speicherung (BECCS), blauer Kohlenstoff usw. sind mit immensen Kosten und Risiken verbunden und werden noch erforscht.

3) Philosophische und wissenschaftliche Antwort

Seit der Geburt der Menschheit waren die Bemühungen, die Welt zu verstehen und die Beziehung zwischen Menschen und Natur zu regeln, der Kerninhalt der antiken Philosophie. Die antike Philosophie Chinas betont die "Einheit von Himmel und Mensch". Konfuzianismus, Taoismus und Buddhismus haben unterschiedliche Auslegungen, aber ihnen ist gemeinsam, dass sie den Menschen als Teil des Universums und der Natur betrachten, eine harmonische Koexistenz zwischen Menschen und Natur

anstreben und die organische Einheit von humanistischem Geist und wissenschaftlichem Geist erreichen.

Auf der Grundlage dieser Konzepte haben alle Dinge im Universum ihre eigenen Funktionsgesetze, und auch das System Erde hat seine eigenen Funktionsgesetze. Es ist ein richtiger Ansatz, die Widerstandsfähigkeit der Erde zu nutzen, um auf externe Veränderungen zu reagieren und die Selbstregulierungsfähigkeit des Erdsystems voll auszuschöpfen. Die Natur und die Erde zu respektieren, bedeutet nicht, nichts zu tun. Im Gegenteil, es ist notwendig, die Funktionsgesetze der Erde und der Natur aktiv zu verstehen und die globalen Veränderungen und ihre Auswirkungen durch Beobachtung zu erfassen. Wir sollten aktiv Technologien entwickeln, um die Auswirkungen des Menschen auf die Erde so weit wie möglich zu reduzieren. Wir sind letztlich Besucher der Erde, also sollten wir unseren Gastgeber - die Erde - respektieren, bescheidene und höfliche Gäste sein und unseren Müll, unsere Abwässer und Abgase aufräumen. Um dem Erdsystem zu helfen, seine Selbstregulierungsfunktion besser zu nutzen, ist die "Hilfe" einer künstlichen Wiederherstellung notwendig, insbesondere bei der Wiederherstellung der Vegetation, der Wiederherstellung der Ökosystemfunktionen und dem Schutz der Artenvielfalt.

Fortschritte bei der Bewältigung des Klimawandels und der Wiederherstellung intakter Ökosysteme

Seit 1988 bewertet der IPCC kontinuierlich den Klimawandel und seine potenziellen Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft sowie mögliche Strategien zur Anpassung an den Klimawandel und zu seiner Eindämmung. Im September 2015 wurde auf dem Gipfeltreffen der Vereinten Nationen die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung verabschiedet, in der dringende Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen gefordert werden. Im November 2021 schlossen die Vertragsparteien des Pariser Abkommens schließlich die Durchführungsbestimmungen ab und machten damit grüne, kohlenstoffarme und nachhaltige Entwicklung zu einem globalen Konsens und zu einer Richtung der Bemühungen. Um den globalen Klimawandel zu bewältigen, geschädigte Ökosysteme wiederherzustellen und die Artenvielfalt zu schützen, werden weltweit Anstrengungen unternommen: UN-Organisationen wie UNEP und UNDP haben umfangreiche Arbeiten durchgeführt; ökologische Wiederherstellungsprojekte werden in großem Umfang in Afrika, Europa und den USA durchgeführt. China hat sich das Ziel gesetzt, den Kohlenstoffausstoß bis 2030 zu reduzieren und bis 2060 kohlenstoffneutral zu werden.

Nach Jahren der Aufforstung liegt die Waldbedeckung in China bei über 24 %, was für ein ökologisch anfälliges Land eine beachtliche Leistung darstellt. Die chinesische Saihanba-Aufforstungsgemeinschaft wurde 2017 für ihre Inspiration und ihr Handeln zum „Champion of the Earth“ ernannt. Damit wurde ihre Arbeit gewürdigt, mit der sie degradiertes Land in ein üppiges Paradies verwandelt hat. Sie zeigt, dass der Einsatz technologischer, wirtschaftlicher und sozial machbarer Technologien zur Wiederherstellung des Ökosystems der Erde, die die Selbstregulierungskräfte der Erde unterstützen und wecken, ein praktikabler und machbarer Ansatz ist, um die Krise der Erde zu bewältigen.

Die Errungenschaften sind lobenswert, aber angesichts der Beschleunigung des globalen Klimawandels müssen noch größere Anstrengungen unternommen werden. Angesichts der globalen Klimakrise haben Länder und Regionen mit unausgewogener wirtschaftlicher und sozialer Entwicklung unterschiedliche Auffassungen und Einstellungen, widersprüchliche Gedanken.

Literaturverzeichnis

World Wildlife Fund. WWF Living Planet Report 2012, Beijing, 2012.

[William Nordhaus. Climate Casino: Risks, Uncertainties, and Economics for a Warming World. Yale University Press, New Haven and London, 2013.

Trump begins formal US withdrawal from Paris Agreement.

[https://www.climatechangenews.com/2019/11/04/trump-begins-formal-us-withdrawal-paris-agreement/.](https://www.climatechangenews.com/2019/11/04/trump-begins-formal-us-withdrawal-paris-agreement/)

UN Environment honors seven new Champions of the Earth.

<https://www.unep.org/news-and-stories/story/un-environment-honours-seven-new-champions-earth.>

Diskussion

Frage von Ortwin Renn: Yonghui Song macht in seinem Beitrag deutlich, dass wir mehr tun müssen? Was wären hier Ihre Prioritäten?

Antwort von Yonghui Song: Vielen Dank an Professor Ortwin Renn für seine Frage. Ich bin gerne bereit, eine knappe Antwort zu geben:

1. Die Förderung der harmonischen Koexistenz von Menschen und Natur.
Es gilt, der Ökologie Vorrang einzuräumen, eine grüne Entwicklung zu fördern und eine Welt der harmonischen Koexistenz zwischen Menschen und Natur zu schaffen. Dies ist nicht nur ein wissenschaftliches Konzept, sondern auch ein Konzept, auf das sich politische Entscheidungsträger beziehen sollten.
2. Förderung der Bildung eines grünen Entwicklungsmodells.
Wir müssen uns für eine grüne Produktion und ein grünes Leben einsetzen und eine umweltfreundliche Entwicklung und Lebensweise aufbauen, um die Erde zu respektieren. Dies ist etwas, das von der Industrie, der Finanzwelt und der allgemeinen Öffentlichkeit unterstützt werden sollte.
3. Förderung der internationalen und regionalen Zusammenarbeit.
Die ökologischen Randeffekte, die durch die ökologische Wiederherstellung in ökologisch sensiblen Entwicklungsländern und Regionen erzielt werden müssen. Sie sind in ihrer Wirkung größer, nicht nur in Bezug auf die Region, sondern auch auf die gesamte Erde.
4. Stärkung der Kommunikation.
Die Zusammenarbeit zwischen Think Tanks und internationalen Organisationen wie den Vereinten Nationen und den zuständigen Regierungsstellen ist wichtig. Die Denker müssen den Machthabern und dem Kapital bewusst machen, dass der Aufbau einer Welt der harmonischen Koexistenz zwischen Menschen und Natur das Wichtigste ist.
5. Handeln ist wichtig, nicht nur Worte.

Resilience Thinking (Walker und Salt, 2008) ist ein immerwährender zyklischer Prozess, der auch als Adaptationszyklus bezeichnet wird (in obigem Bild graphisch dargestellt). Resilience Thinking führt im Endeffekt zur Resilienz, also zu der Fähigkeit, sich kontinuierlich an Veränderungen im Umfeld anzupassen, um damit effizient zu bleiben. Resilience Thinking verfolgt einen vergleichbaren Zweck wie die ökologische Selbstregulation mit dem Unterschied, dass ein autonom ablaufender Prozess durch wissensbasiertes, willentliches Handeln ersetzt wird.

Das Ausscheren aus dem Zyklus durch willentliches Beharren auf dem gegebenen, kann (wie rechts im Bild skizziert) zum Verlust von Resilienz, im Grenzfall zum Systemkollaps (Diamond, 2005) führen. Umgekehrt bietet der Entschluss, sich adaptiv neuen Herausforderungen zu stellen, eine Überlebenschance. Getrieben wird ein Entschluss für Anpassung in die Wahrnehmung aufkommender Risiken und Polykrisen, die als existenzgefährdend erkannt werden. Hier ergibt sich eine gedankliche Brücke zu dem Beitrag von Ortwin Renn.

Das Ausscheren aus Adaptationszyklen kann zum Kollaps führen

Ein besonders krasses Beispiel für das Ignorieren von Risiken und Polykrisen ist der Bankrott der Firma Lehman Brothers, einer wirtschaftlichen „Monokultur“. Entsprechendes gilt für den Zusammenbruch staatlicher Monokulturen. Der Zerfall des Römischen Reichs im 5. Jahrhundert sowie der Zerfall der Habsburger Monarchie und des Deutschen Reichs nach dem ersten Weltkrieg mögen dafür als Beispiele dienen. In beiden Fällen waren der Anspruch der damaligen Kaiser auf das ererbte Recht sowie die willentliche Ablehnung von Korrekturen im Umgang mit der Macht mitverantwortlich für den Systemkollaps.

Wie in den Ökosystemen muss das adaptive Handeln in ökonomischen und staatlichen Systemen sich sowohl auf gesamtheitliche wie auch auf regionale Räume beziehen. Wir bezeichnen solche Einheiten zusammenfassend als Ökotope (i.e., ökonomische Lebens- und Arbeitsräume). Ökotope entsprechen den Biotopen in einem Ökosystem. Die Eigenschaften eines Ökotops ist die Antwort auf die örtlichen Randbedingungen, die von Fall zu Fall höchst unterschiedlich sein können. Adaptive Zyklen können also nur wirksam sein, wenn sie von den besonderen Eigenheiten der örtlichen Ökotope ausgehen. Der heute übliche umgekehrte Weg vom Gesamten zum Einzelnen ist dagegen weniger zielführend. Ohne Berücksichtigung der Eigenheiten der örtlichen Teilsysteme bergen Regeln, Verordnungen und Gesetze, die von zentralen Institutionen für das Gesamtsystem erlassen werden, die Gefahr, unwirksam zu sein. Sie erwecken Widerstand und führen im Grenzfall zu einem Systemkollaps.

Der weltweit zu beobachtende Trend zu Zentralisierung von Unternehmen (Stichwort: „Merger Endgame“, Dean et al. 2003) und zum Zusammenschluss von Regionen, Ländern und Staaten zu supranationalen staatlichen Organisationen (Beispiel: Europäische Gemeinschaft) ist zum Erreichen einer gesamtheitlichen Resilienz schwierig. Notwendig ist, dass Maßnahmen für lokale Resilienzen von örtlichem Wissen und örtlichen Erfahrungen ausgehen. In dieser Hinsicht ist von Ökosystemen und deren Methoden Einiges zu lernen.

Besonders schwerwiegend ist der großflächige Eingriff des Menschen in ökologische Systeme und deren Fähigkeit zur Selbstregulation. Notwendig ist die Abkehr von „modernen“ Wäldern, die überwiegend mit Bäumen wie der Fichte besetzt sind. Die Begünstigung von Fichten in den mitteleuropäischen Wäldern nahm in dem ausgehenden Mittelalter aus rein ökonomischen Gründen ihren Anfang. Auslöser war damals Hanns Carl von Carlowitz, Oberberghauptmann des sächsischen Erzgebirges, mit seinem 1713 erschienen Buch mit dem Titel „Anweisung zur wilden Baumzucht“. Darin wird gefordert, in den Forsten relativ schnell wachsende Fichten zu bevorzugen und pro Zeiteinheit nur so viele Bäume zu fällen, wie im gleichen Zeitraum nachwachsen. Ironischerweise wird Hanns Carl von Carlowitz seither als Begründer der Nachhaltigkeit bezeichnet. Zahlreiche Beispiele bezeugen, dass von Menschen geschaffene und kontrollierte Systeme nur selten die Bezeichnung "nachhaltig" verdienen.

Die Zerstörung großer Fichtenbestände in Mitteleuropa durch den Borkenkäfer und die durch längere Trockenzeiten verursachten landwirtschaftlichen Ernteverluste stützen diese Aussage

Als ebenso dramatisch erweisen sich die Schadwirkungen auf Ökosysteme und der Verlust der ökologischen Selbstregulation. Verursacher sind Investoren sowie Organisatoren mit ihren angeborenen Egoismen, ihren ökonomischen Interessen sowie ihrem Streben nach Macht. Waldflächen werden geopfert zugunsten einer Flächennutzung für Straßen, Siedlungen, Flugplätzen, Logistikzentren sowie für die landwirtschaftliche Erzeugung vielerlei profitabler Ackerpflanzen für den Export. Die damit einhergehende Versiegelung von Böden trägt zu einer Verringerung der Neubildung von Grundwasser bei. Wegen verminderter Aufnahmefähigkeit der Böden verstärken sich Überschwemmungen bei Starkregeneignissen und Dürren bei zu geringen Niederschlägen.

Mit der Rodung von Wäldern nicht nur im Amazonas-Gebiet, sondern auch in vielen weiteren Regionen der Erde geht ein Verlust der zumindest temporären Festlegung von CO₂ im Holz einher. Durch das Fällen von Bäumen verringert sich die Fläche der Blätter und Nadeln, die für die Photosynthese benötigt werden. Dadurch verringert sich die Emission von Sauerstoff, einer Substanz, die ebenso wie Wasser für das Leben heterotropher Organismen lebensnotwendig ist – auch für den Menschen.

Ebenso verringert sich die durch Photosynthese bewirkte Emission von Wasserdampf in die Atmosphäre, was signifikante Auswirkungen auf den terrestrischen Wasserkreislauf haben kann. Insgesamt hat die verringerte Sequestrierung von CO₂ sowie die verringerte Emission von Sauerstoff und Wasserdampf Auswirkungen auf das Klima (Makariewa A. et al. 2010, Makariewa A. et al. 2013). All dies wird dem Profitstreben geopfert. Die Übernutzung der Böden, Dürreperioden, Waldbrände wie auch Überschwemmungen bei Starkregen sind die Folge.

Zu erwähnen ist auch die Subventions-Politik beispielweise im Agrarbereich, die den einzelnen Unternehmern suggeriert, es sei aus wirtschaftlichen Gründen vorteilhafter, am Gegebenen festzuhalten oder das Gegebene eher noch zu erweitern. Proteste gegen den Abbau von Subventionen sind nachvollziehbar, das Hinnehmen des verursachten Schadens an den übergeordneten Bemühungen zur Begrenzung der Erderwärmung ist dagegen verantwortungslos. Auch rächt sich das Verzögern notwendiger Investitionen zur betrieblichen Umgestaltung auf lange Sicht dramatisch.

Ausbildung in den Heimatländern ist dringend notwendig

Gebraucht werden wirkungsvolle Konzepte zur Vermittlung von praktischen Fähigkeiten und Wissen über die komplexen Zusammenhänge von Ursache und Wirkung in Natur, Wirtschaft und Administration. Auf diese Weise soll ein tiefgreifendes Verständnis für die Notwendigkeit und Vorteile adaptiver Zyklen entstehen. Ziel ist es zudem, ethische und moralische Resilienzen zu erzeugen. Auf dieser Basis und in Würdigung der Besonderheiten der lokalen ökologischen, ökonomischen und kulturellen Besonderheiten sind Ausbildungsprogramme erforderlich, die vermutlich am effizientesten sind, wenn sie nahe dem Heimatort der Auszubildenden erfolgt. Die bisher übliche Praxis, Schüler und Studenten in ausländischen Ausbildungszentren zu unterrichten, birgt die Gefahr, dass Wissen entsteht, das den spezifischen klimatischen, wirtschaftlichen und kulturellen Bedingungen am heimischen Anwendungsort nicht oder nur marginal entspricht. Ein Umdenken auch im Bereich der Anwendung technischer Lösungen wie beispielsweise der zentralen Abwasser-Kanalisation in Entwicklungsländern ist dringend anzuraten. Dafür gibt es weltweit eine Fülle von Negativbeispielen, aber auch neuartige Initiativen, die es verdienen, Beachtung und Unterstützung zu finden.

Literaturverzeichnis

Gorshkov V.G., Gorshkov V.V. and Makariewa A.M. (2000) Biotic Regulation of the Environment – Key Issue of Global Change. Springer Praxis Chichester UK

Walker B and Salt D (2006) Resilience Thinking – Sustaining Ecosystems and People in a Changing World. Island Press, Washington USA

Diamond J (2005) Collapse – How Societies Choose to Fall or Succeed. Penguin Group New York

Von Carlowitz H.C. (1713) Anweisung zur wilden Baumzucht. In *Silvicultura Oeconomica*, 432 Seiten

Dean G.K., Kroeger F and Zeisel S (2003) Winning the Merger Endgame – A Playbook for Profiting from Industry Consolidation. McGraw-Hill. New York USA

Makarieva A.M., Gorshkov V.G. (2010) The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate. *International Journal of Water*, 5(4), 365-385. doi: [10.1504/IJW.2010.038729](https://doi.org/10.1504/IJW.2010.038729)

Makarieva A.M., Gorshkov V.G., Sheil D., Nobre A.D., Li B.-L. (2013) Where do winds come from? A new theory on how water vapor condensation influences atmospheric pressure and dynamics. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 1039-1056. <https://doi.org/10.5194/acp-13-1039-2013>

Makarieva AM, Nefiodov AV, Rammig A and Nobre AD (2023) Re-appraisal of the global climatic role of natural forests for improved climate projections and policies. *Front. For. Glob. Change* 6:1150191. doi: 10.3389/ffgc.2023.1150191

Synthese

Die biogene Selbstregulation kann nicht alleine als Modell für die Regulationsmethoden menschlicher Systeme dienen, da die Voraussetzungen und Prozesse signifikant unterschiedlich sind.

Die Selbstregulation biotischer Systeme ist genetisch kodiert in Lebewesen und Lebensgemeinschaften, einschließlich ihrer wesenhaften selbstständigen Weiterentwicklung, der Autopoesis (Vogt). Die Regulation menschlicher Systeme beruht darüber hinaus auf Entscheidungen, die willentlich getroffen werden, um selbst gesteckte Ziele zu erreichen.

Die Menschheit hat in den zurückliegenden Jahrhunderten bewiesen, dass durch unermüdliches Streben nach Erkenntnissen gepaart mit Erfindungsreichtum gewaltige Fortschritte in allen Bereichen des menschlichen Lebens und Handelns erzielt wurden. Gleichzeitig haben Machtstreben, Hybris und Ignoranz die Erfolge vielfach konterkariert. Wenn durch menschliche Einflussnahme die Funktion der biotischen Selbstregulation missachtet, beschädigt oder gar außer Kraft gesetzt wird, entstehen systemische Risiken (Ortwin Renn), Rückschläge und am Ende Chaos. Um die Dynamik der Selbstregulation zu verstehen, hat die mathematische Theorie komplexer Systeme Modelle entwickelt, um kritische Phasenübergänge zu bestimmen. Computersimulation mit künstlicher Intelligenz ermöglichen Frühwarnsysteme, um frühzeitig Krisen und am Ende Chaos zu erkennen (Klaus Mainzer).

Dennoch ist die Missachtung der natürlichen Selbstregulationsvorgänge im Zeitalter des Anthropozäns fast zu einer Normalität geworden. Der Begriff „Anthropozän“ beschreibt in diesem Zusammenhang nicht nur einen Zeitabschnitt in der Geschichte unseres Planeten. Martin Grambow subsumiert in dem Begriff auch das oft egoistische Verhalten der Menschheit gegenüber der Natur. Die globale Klimaänderung und Erderwärmung sind die Quittung dafür. Darüber hinaus eröffnet aber das Verstehen der Prozesse, die zum Anthropozän geführt haben, auch die Chance zu erkennen, mit welchen Kulturtechniken diese kritischen Entwicklungen abgewendet werden können. Es geht also nicht nur um die Begrenzung der Erderwärmung, sondern auch um die Erhaltung der Biodiversität.

Um irreversible Veränderungen zu bewältigen, ist es dringend notwendig, die Funktion der noch verbliebenen Naturwälder proaktiv zu schützen (Anastassia Makarieva). Es geht dabei nicht nur um den Amazonas-Wald. Für die Erhaltung des Lebens in den verschiedensten Gebieten der Erde haben naturbelassene auch boreale Wälder, Feuchtgebiete und Moore eine wichtige Rolle. Sie sorgen für die Verfügbarkeit von Wasser, Sauerstoff und biogenen Rohstoffen. Sie sind dadurch klima- und ökonomie-relevant, ebenso relevant für die nachhaltige Entwicklung bewohnter Gebiete. Diese Einschätzung wird von der US-amerikanischen Wissenschafts-Journalistin Erica Gies, unterstützt. Sie hat unseren Diskurs durch ihre Sachkenntnis beeinflusst. Übereinstimmend wird darauf hingewiesen, dass die überall auf der Welt zu beobachtenden klimatischen Veränderungen und deren Folgen (Dürren, Starkregen, Stürme etc.) nicht nur durch Emission von Kohlenwasserstoff verursacht werden. Ebenso bedeutsam sind die menschlichen Interventionen und Störungen, die von naturbelassenen Ökosystemen zur Verfügung gestellt werden.

Die Frage, wie die Missachtung der biotischen Selbstregulationsvorgänge durch menschliches Handeln kompensiert werden kann, wird in mehreren Beiträgen zu diesem Sammelband aufgegriffen und zu beantworten versucht.

Markus Vogt erklärt in seinem Beitrag die Bedeutung des Konzepts der Nachhaltigkeit als Rückbesinnung auf die Notwendigkeit, die Bereiche Umwelt, Wirtschaft und Soziales durch systemisches Denken und durch synergetische Vernetzung (Retinität) in Einklang zu bringen. Dieser Anspruch fällt Vertretern verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen sehr schwer, wie man am Beispiel der Ökonomie deutlich erkennen kann. Immerhin hat die Ökonomie großen Einfluss auf viele Lebensbereiche. Im Rahmen der Ökonomie kam es auch zu einer enormen Ungleichverteilung, was der intra- und intergenerationellen Gerechtigkeit widerspricht. Daher wäre es besonders wichtig, dass die

Mehrzahl der Ökonomen nachhaltige Entwicklung als neues Paradigma in Lehre und Forschung viel stärker berücksichtigt als bisher.

Die menschliche Einflussnahme auf natürliche Systeme kann nur nach einer gründlichen Abschätzung möglicher Risiken und deren Vernetzungen unter dem Primat des verantwortungsvollen Handelns erfolgen (Ortwin Renn). Mit dem Stichwort „Verantwortung“ knüpfen wir an die Ausführungen an, die Hans Jonas in seinem Buch „Prinzip Verantwortung“ als Grundlage der nachhaltigen Entwicklung beschrieben hat.



Erinnert wird in diesem Zusammenhang auch an oft groteske Vorschläge, die zu Beginn dieses Jahrzehnts für Aufsehen sorgten. Beispiel dafür ist die Installation eines Schirms am Lagrange-Punkt zwischen Sonne und Erde, um die Erde vor Überhitzung zu schützen. Solche Vorschläge wurden zusammenfassend als „Geoengineering“ bezeichnet. Die Diskussionen zwischen Wolfram Mauser und Peter Wilderer führten zu kritischen Reflexionen.

Demnach ist unter „Engineering“ ein planmäßiges Handeln zu verstehen. Mit dem Begriff „Geo“ wird die besiedelte Erdoberfläche verstanden. Geo-Engineering bezieht sich demnach auf den planmäßigen Eingriff auf das Erdsystem. Solche Eingriffe sind nicht den Ingenieuren vorbehalten. Eingriffe beziehen sich auf das Handeln von Jedermann, von Teilen der Gesellschaft, von den ökonomisch handelnden Personen und Organisationen sowie von staatlichen und der nicht-staatlichen Administrationen⁵⁵.

Verantwortliches Handeln beginnt im Kleinen und endet schließlich durch Handeln im globalen Maßstab und nicht umgekehrt. Das Subsidiaritätsprinzip, wie es in den Römischen Verträgen der Europäischen Union festgeschrieben ist, gilt im übertragenen Sinn auch für ein nachhaltiges Zusammenwirken menschlicher Systeme mit dem Ökosystem.

Die Beiträge von Alois Heissenhuber und Herman Auernhammer beschreiben die derzeitige Situation im Bereich der Land- und Forstwirtschaft sowie die Möglichkeiten, mit modernen Erkenntnissen und Methoden Schritte zu einer nachhaltigen Entwicklung zu unternehmen, dies unter Wahrung der Erfordernisse für die Erhaltung der Funktion biotischer Selbstregulation.

In diesem Sinne sind auch die Beiträge von Werner Lang und Brigitte Helmreich einzuordnen. Hier geht es um eine Siedlungsplanung, die nicht nur die Bedürfnisse von Mensch, Arbeit und Mobilität befriedigen muss. Es gilt darüber hinaus, Methoden zu entwickeln und einzusetzen, um die Bedürfnisse der Natur über den Tag zu bewahren. Brigitte Helmreich widmet sich dazu dem Thema Wasser in bebauten Gebieten, genauer gesagt dem nachhaltigen Umgang mit Niederschlagswasser als Beitrag für die Grundwasserneubildung. Werner Lang zeigt in seinem Beitrag die Bedeutung wissenschaftlicher Methoden zur Analyse der Umweltwirkungen von Gebäuden im Planungs- und Umsetzungsprozess für die Realisierung einer nachhaltigen Baukultur auf.

Rao Surampalli berichtet über Entwicklungen, die im ländlichen Raum von Indien und im Einklang mit den lokalen wirtschaftlichen und kulturellen Randbedingungen zu geordneten hygienischen

⁵⁵ In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage: ist damit der Begriff des Geoengineerings um ein „Öko-basiertes Geoengineering“ zu erweitern, das als Definition ein *transnationales, kollektives Handeln* beschreibt mit dem Zweck, *Veränderungen regional, aber auch in globalem Maßstab* herbeizuführen? Beispiele dafür existieren bereits: kollektives Plastikmüllsammeln, Wiederaufforstung, Regeneration von Feuchtgebiete, Vermeidung von kritischen Spurenstoffen bzw. deren Herausreinigung in Kläranlagen und natürlich regenerative Energie? Ein Vorbild wäre hier die EU, deren ökosystembezogene Strategien nicht nur im Gebiet der Vertragsstaaten wirkt, sondern weit darüber hinaus (Erneuerbare Energie –Richtlinie, Lieferketten-Richtlinie, EU-REACH – Verordnung usw.)

Verhältnissen führen. Besonders eindrucksvoll ist dazu der Bericht über eine Initiative von Frauen eines Dorfs im Süden Indiens. Aus eigenen Kräften wurden Lösungen gefunden und etabliert, die mit modernen technischen Mitteln traditionelles Leben unter der Erhaltung der Funktion der Umwelt verbinden.

Yonghui Song erinnert an die antike Philosophie Chinas, die von der Einheit von Himmel und Mensch ausging. Dabei haben alle Dinge im Universum ihre eigenen Funktionsgesetze. Auch das System Erde hat seine eigenen Funktionsgesetze. Ziel ist auch heute, die Widerstandsfähigkeit der Erde zu nutzen, um auf externe Veränderungen angemessen zu reagieren und die Selbstregulierungsfähigkeit des Erdsystems voll auszuschöpfen. Diese Grundprinzipien werden in ihrer Bedeutung in zunehmendem Maß wiedererkannt und mit modernem Wissen in reales Wirtschaften umgesetzt.

Schließlich wird in dem Beitrag von Peter Wilderer die These vertreten, dass der ständige und natürliche Wandel des Erdsystems einen gleichgesinnten Wandel des Verhaltens des Menschen erfordert. Die Natur reagiert auf Wandel intuitiv. Sie darf in ihrem Selbsterhaltungstrieb nicht behindert werden. Die tun wir aber, wenn wir die Natur in ihrer derzeitigen oder früheren Ausprägung erhalten wollen, als wäre sie ein Museum. Dem Resilienzkonzept folgend ist der Mensch ebenso wie die Gesellschaft, die Ökonomie und die staatliche Administration verpflichtet, Veränderungen mit geeigneten Methoden wahrzunehmen und nach gründlicher Bewertung in verantwortliches Handeln umzusetzen. Es entwickelt sich so ein immerwährender Adaptions-Zyklus, der zu einer rationalen verantwortungsbasierten Selbstregulation führt.

Schlusswort

Die auf 90 Seiten zusammengestellten "Denkanstöße" sind ein Meilenstein auf dem Wege in eine geordnete, ausgewogene Welt. Das schließt die unten aufgeführten Handlungsempfehlungen ein sowie deren Umsetzbarkeit. Sie zeigen, wie wichtig Wissenschaft ist und was sie leisten kann und muss.

Prof. em. Dr. Wolfgang Haber

TUM Chair of Landscape Ecology (retired)

Chair of German Advisory Council on the Environment (retired)

1993 Award of the Federal Environmental Foundation

Handlungsempfehlungen

Es ist zu empfehlen, der Erhaltung irdischen Lebens in all seinen lokalen und globalen Erscheinungsformen oberste Priorität einzuräumen.

Die Gesamtheit des irdischen Lebens umfasst mehr als nur die Lebewesen in ihrer Vergesellschaftung zu Biozönosen und Ökosystemen. Ein ebenso bedeutender Bestandteil ist das kulturelle Leben der Menschheit mit ihren essentiellen Handlungsfeldern wie Wirtschaft, Industrie, staatlichen und nicht-staatlichen Organisationsstrukturen, Wissenschaft, Kunst und Religion. Hierzu ist die Erfüllung der menschlichen Bedürfnisse auf die planetaren Grenzen abzustimmen.

Um die Funktionsfähigkeit des Erdsystems zu erhalten und zu festigen, empfiehlt es sich, alles zu vermeiden, was die Fähigkeit zur Selbstregulation von Lebewesen und biologischen Lebensgemeinschaften (Ökosysteme) einschränkt oder sogar außer Kraft setzt.

Die Erfahrung zeigt, dass Artenvielfalt und Zeit dabei wichtige Voraussetzungen für Resilienz naturbelassener Systeme sind. Es sollte in der Forstwirtschaft vermieden werden, durch Abholzungen in großem Maßstab landwirtschaftlich nutzbare Flächen zu gewinnen. Land- und Meeresnutzung sowie die Flächenversiegelung aufgrund neuer Siedlungen und Infrastrukturen sind auf das zwingend notwendige Maß zu beschränken. Bestehende und verbreitete Monokulturen in der Land- und Forstwirtschaft müssen in erweiterte Fruchtfolgen und Pflanzengemeinschaften umgewandelt werden.

Zur Bewahrung des irdischen Lebens ist die Förderung von Vielfalt mit höchster Priorität voranzutreiben.

Vielfalt - nicht nur die Artenvielfalt - ist weltweit ein bedeutendes Kennzeichen der Natur (Beispiel: Vielfalt von Landschaften). Im übertragenen Sinn gilt dies auch für die Gestaltung von Wirtschaft und Gesellschaft, für die Gestaltung des Zusammenlebens in Städten sowie für die Gestaltung von staatlichen und nicht-staatlichen Organisationen. Dabei sollte die anthropogene Vielfalt aus den lokalen Kulturen, Traditionen und Erfahrungen heraus entwickelt und mit modernen Methoden, beispielsweise mit Methoden der künstlichen Intelligenz, angereichert, aber nicht ersetzt werden. Ziel der Entwicklung sollte es sein, auf diese Weise resiliente Systeme, die nicht nur von der Industrie geprägt, sondern auch von den lokalen Gesellschaften getragen werden.

Es wird empfohlen, die klimaregulierende Funktion der verbleibenden natürlichen Ökosysteme der Erde als gemeinsames planetarisches Erbe und als Eckpfeiler der langfristigen menschlichen Existenz anzuerkennen.

Im Laufe der Geschichte wurde die Interaktion des Menschen mit den Ökosystemen von lokalen Bedürfnissen und Visionen dominiert. Erst mit der Entwicklung der modernen Wissenschaft und Technologie und dem beispiellosen globalen Bewusstsein der Menschheit als Spezies und Staatengemeinschaft wurde es möglich, die planetarische Bedeutung der stabilisierenden Wirkung der Ökosysteme auf Umwelt und Klima zu quantifizieren. Diese Prozesse sind unglaublich komplex, und ihr Verständnis stellt eine zunehmende Herausforderung dar, da die von natürlichen Ökosystemen eingenommene Fläche immer weiter schrumpft. Der internationale Schutz dieser Ökosysteme und ehrgeizige Untersuchungen, um sie zu verstehen, sind der Schlüssel zur Erhaltung der menschlichen Identität sowohl als biologische Spezies als auch als hochentwickelte, ethisch und intellektuell kompetente Gesellschaft.

Zur Erhaltung der natürlichen Selbstregulation und als Teil der Klimaanpassungsmaßnahmen wird empfohlen, die Erhaltung und die Wiederherstellung naturnaher Wälder sowie des naturnahen Wasserhaushalts weltweit zu fördern. Auch die Siedlungsräume müssen grüner und wasserfreundlicher werden.

Sowohl die Waldsysteme als auch der Landschaftswasserhaushalt sind für die lebensspendenden Niederschläge, Temperaturregelungen, Bodenbildung und damit die gesamte Biosphäre von wesentlichem Einfluss. Sie wurden aber durch Kulturtechnik weltweit für bestimmte wirtschaftliche Nutzungen optimiert oder gar beseitigt. Die Erhaltung und die Rekonstruktion sind unabdingbar, um die regionale und weltweite Stabilität wieder herzustellen. Dazu gehört auch die Anpassung der großen urbanen Lebensräume an die Bedingungen des Anthropozäns als Wasserspeicher, zur besseren Kühlung und – zusammen mit einer sozialen Wohnraumförderung – zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsqualität aller sozialen Schichten

Zur Erhaltung der fundamentalen Funktionen des Erdsystems sind Eingriffe in das Marktgeschehen legitim. Dazu gehört der Verzicht auf nicht-regenerative Energien. Die Emission von chemischen Stoffen muss transparenter und insgesamt reduziert werden. großskalige ökologische Maßnahmen wie Waldumbau oder Stabilisierung des Wasserhaushalts sind technischem Geoengineering in jedem Falle vorzuziehen

Die Wirtschaft muss sich schnell auf ressourcensparende und regenerative Energie nutzende Produktion einstellen. Dazu sind technische und nicht – technische Maßnahmen zur konsistenteren Technologie zu entwickeln, insbesondere auch beim Freisetzen von Chemikalien. Pures technisches Geoengineering wird als risikoreich eingeschätzt und kann keinesfalls die Umstellung auf eine insgesamt resiliente und nachhaltige Kulturtechnik ersetzen. Allenfalls sind vorübergehende Maßnahmen wie Regenentwicklung einsetzbar.

Es wird empfohlen, neben dem Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger ebenso große Anstrengungen zur dauerhaften Bereitstellung von Wasser, Sauerstoff und gesundem Boden zu unternehmen.

Die Erdgeschichte lehrt, dass die belebte Natur extreme Schwankungen der Oberflächentemperatur meistern konnte. Ohne Verfügbarkeit von Wasser und Sauerstoff kann terrestrisches Leben aber nicht überdauern. Die Aufgabe der Menschheit ist es daher, den von Menschen verursachten globalen Temperaturschwankungen ebenso wie dem Mangel an Wasser sowie an belebtem Boden entschieden entgegenzuwirken.

Es wird weiterhin empfohlen, verstärkt in Forschung und Entwicklung, sowohl in empirischer Datenerhebung als auch in mathematische Computersimulationen, sowie in Bildung und Ausbildung zu investieren.

Die in der Resilienzforschung entwickelte Methode der adaptiven Kreisläufe soll als Hilfe für Entscheidungen und Handlungen verstärkt als Chance begriffen und in den Alltag von Gesellschaften und Entscheidungsträgern einbezogen werden. Diese hochkomplexen Vorgänge erfordern eine sorgfältiger Datenerhebung (Big Data), mathematische Modellbildung und KI-gestützte Computersimulationen. Mit diesen Methoden wird das Handeln in einem stetigen Kreislauf der Beobachtung und Bewertung von Änderungen im aktuellen Umfeld möglich. Durch gezielte Bildung sollte die Bereitschaft gestärkt werden, Gewohntes zu verwerfen, wenn es sich nicht bewährt, und einen Neuanfang zu wagen. Die schulische Bildung vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe soll dabei Vorrang zu haben.

Es wird abschließend empfohlen, dass in dem viel geforderten Transformationsprozess alle hier aufgeführten Empfehlungen konsistent zusammengeführt werden, und die ökonomische und soziale Dimension den Leitplanken der ökologischen Dimension angepasst wird.

Verzeichnis der Abkürzungen

AAAS	American Association for the Advances of Science
BEA	Bayerische Elite Akademie
BayWA	Bavarian goods brokerage of agricultural cooperatives (Bayerische Warenvermittlung landwirtschaftlicher Genossenschaften)
EASA	European Academy of Sciences and Arts an organization headquartered in Salzburg, Austria
DEI	Diversity, Equity, Inclusion
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWA	International Water Association
IWF	International Water Foundation
IESP	Institute for Earth System Preservation a Non-Profit Organization of EASA, seated at Munich, Germany
KI	Künstliche Intelligenz (im Englischen: AI: Artificial Intelligence)
SIWI	Stockholm International Water Institute
SEF	Senior Excellence Faculty
YPO	Young Professionals Organization