



ON THE STATUS AND ORIENTATION OF PROCESS ORIENTED ECOSYSTEM RESEARCH, BIODIVERSITY AND CONSERVATION RESEARCH AND SOCIO-ECOLOGICAL RESEARCH IN AUSTRIA

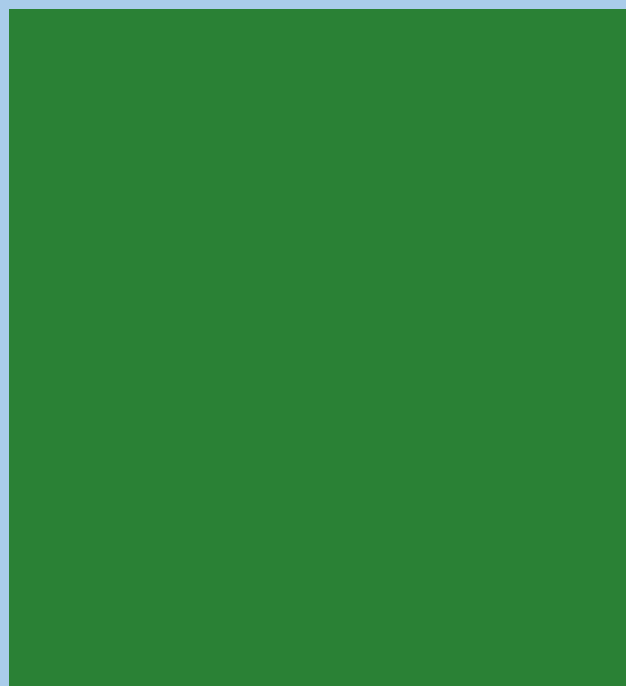
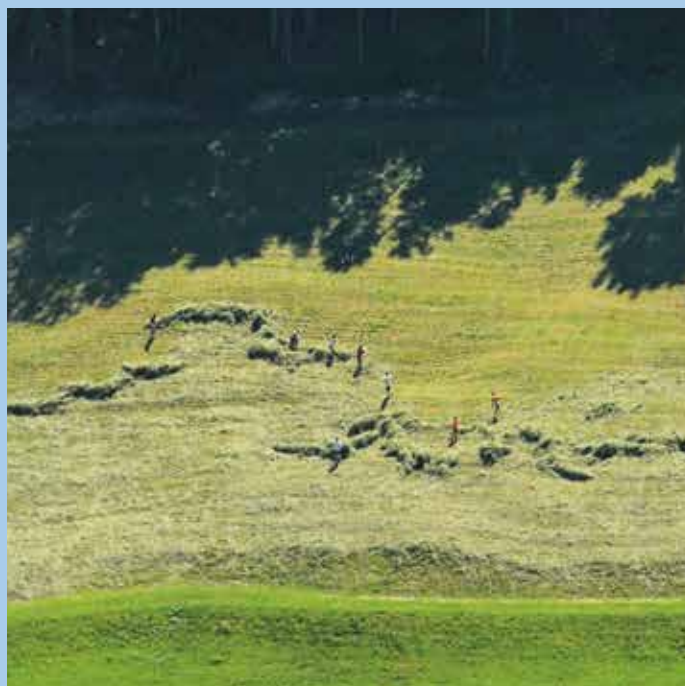


**RESEARCH FOR
THE FUTURE**

LTER-AUSTRIA WHITE PAPER 2015

**Austrian Society for Long-term
Ecological Research**

M. Mirtl, M. Bahn, T. Battin, A. Borsdorf, T. Dirnböck, M. Englisch, B. Erschbamer, J. Fuchsberger, V. Gaube, G. Grabherr, G. Gratzner, H. Haberl, H. Klug, D. Kreiner, R. Mayer, J. Peterseil, A. Richter, S. Schindler, A. Stocker-Kiss, U. Tappeiner, T. Weisse, V. Winiwarter, G. Wohlfahrt, R. Zink



CONTENTS

1	CONTEXT AND FRAMEWORK	6
1.1	AIM AND BACKGROUND OF THE WHITE PAPER: KEY MESSAGES	6
1.2	LTER AS A GLOBAL AND EUROPEAN FRAMEWORK	7
1.3	“NEXT GENERATION LTER”	10
1.4	INTERACTION BETWEEN MONITORING AND RESEARCH IN LTER	12
1.5	LTER-AUSTRIA	14
2	THEMATIC AREAS OF LTER IN AUSTRIA	22
2.1	DEFINITION	22
2.2	LINK TO CONCEPTUAL MODELS	23
2.3	STRUCTURE OF THEMATIC AREA CHAPTERS	26
3	PROCESS-ORIENTED ECOSYSTEM RESEARCH (THEMATIC AREA I)	26
3.1	RESEARCH QUESTIONS	27
3.2	APPROACHES AND METHODS	29
3.3	REQUIREMENTS	30
3.4	PRODUCTS AND ADDRESSEES	30
3.5	NETWORKING WITH OTHER THEMATIC AREAS	30
4	BIODIVERSITY RESEARCH AND CONSERVATION BIOLOGY (THEMATIC AREA II)	31
4.1	PRIORITY RESEARCH THEMES	32
4.2	APPROACHES AND METHODS	35
4.3	REQUIREMENTS	37
4.4	PRODUCTS AND USERS	39
4.5	NETWORKING	39
5	SOCIO-ECOLOGICAL RESEARCH, LTSEER (THEMATIC AREA III)	40
5.1	DEFINITION AND THEMATIC AREA	40
5.2	METHODS AND APPROACHES	42
5.3	REQUIREMENTS	43
5.4	PRODUCTS AND ADDRESSEES	44
5.5	NETWORKS	44
6	EUROPEAN FRAMEWORK CONDITIONS	45
7	SYNTHESIS AND IMPLEMENTATION RECOMMENDATIONS	50
7.1	SYNTHESIS	50
7.2	CENTRAL MESSAGES (OVERVIEW)	51
7.3	ORGANISATION AND DATA MANAGEMENT	52
7.4	ADEQUATE FINANCING FOR RESEARCH PROJECTS	57
7.5	INFRASTRUCTURE ASSOCIATION: NETWORK OF SITES	58
7.6	CRITICAL QUESTIONS AND POSSIBLE IMPLEMENTATION STEPS	61
8	ANNEXES	62
8.1	SHORT DESCRIPTIONS OF AUSTRIAN LTER SITES UND LTSEER PLATFORMS	62
8.2	LINKS WITH „LONG-TERM ECOSYSTEM MONITORING (LTEM)“ IN EUROPE	62
8.3	GLOSSARY	64
8.4	MEMORANDUM OF COOPERATION BETWEEN LIFEWATCH AND LTER-EUROPE	66
9	LITERATURE	69
	ACKNOWLEDGEMENTS & IMPRINT	74

SUMMARY

“Long-Term Ecosystem Research” (LTER) constitutes a network in Europe of approximately 400 research sites, 100 institutions and numerous research projects in 24 national networks. LTER-Europe conducts research across a broad spectrum of European ecosystems from the arctic and alpine to mediterranean sites.

How do ecosystems react over the long term to very different influencing factors? In more precise terms: How do they react at different scales (local, regional, continental, global) over decades and centuries to climate change, invasive species, material deposits/inputs or human utilization, etc? What characteristics enable them to adapt to stress? How are disturbances managed? What are the thresholds beyond which irreversible changes or degradation occur?

These are central questions addressed in long-term ecosystem research and LTER represents one of the few research networks worldwide whose projects also consider the organizational aspects of the long-term character of most processes: In short-term projects with a duration of 2-3 years, long-term ecological changes are hard or impossible to identify or to interpret correctly.

Only when they are “functioning” can our ecosystems provide a basis for life. Conversely, from a human perspective, ‘ecosystem services’ are strongly dependent on the particular form of social utilization (and ecosystem management) being practised. The **sustainable protection of essential ecosystem services and biodiversity under conditions of global change** is a core responsibility of society as a whole. Ecosystem research as a supplier of knowledge in respect of this task requires an integrated inter- and transdisciplinary approach, which records the multiplicity of interactions between human activities and ecosystems.

The long-term character and **complexity of both research issues and new technologies** renders a **new approach in terms of content, organization and structural aspects** to LTER necessary, both globally and within Europe (the European Research Area, ERA). These take account of key processes and projects of the European Commission (ESFRI, ENVRI, ExpeER, H2020 Infraia Infrastructure call). In this respect, the following apply: **Infrastructures and support schemes** must in future be **organised nationally** such that they constitute an adequate response to European framework programmes and make optimal use of their central services.

Interdisciplinary and integrated approaches require the **broadening of specialisms** within LTER to encompass the humanities, cultural and social studies (LTSER, Long-Term Socio-Ecological Research), as an integral component of LTER. Thus in the context of the White Paper, the term **“ecosystem research”** includes implicitly **process-oriented ecosystem research, biodiversity and nature conservation research as well as socio-ecological research**. The distinctive feature here lies with its focused engagement in researching the long-term ecological and socio-ecological transformation in the “critical zone” (see below) at concrete locations (LTER Sites, LTSER regions and beyond).

The framework conditions for ecosystem research in Austria have dramatically worsened in recent years (education, sites, project financing), whereas in countries such as Germany, innovative large-scale investment schemes are taking place in this field of science (e.g. TERENO, Biodiversity Exploratories). **If Austria wishes to play a significant role in European ecosystem research** through the involvement of its research sites, then the **field of science must be brought into line with international developments**. Only thus can excellent research be guaranteed at appropriately equipped sites and the priority research concerns for Austria be adequately addressed.

The White Paper considers itself as making a contribution to the reorganization of the LTER field of science in Austria. It attempts to answer the following questions:

- What are the priority **research themes**?
- Where are the greatest **potentials**?
- What **framework conditions** are required in order to realise these potentials?
- What is Austria's best course of action within the **international context**?

KEY MESSAGES

The White Paper addresses the following **key messages** to stakeholders and infrastructure managers within the scientific field of “ecosystem research” in Austria. These messages are presented in detail in Chapter 7, which derives concrete suggestions for reorganization from these. An editorial team drawn from across a broad range of disciplines has produced this White Paper with the involvement of more than 100 experts from different panels and workshops, taking account of key European framework processes.

(A) Creating framework conditions from an integrative, interdisciplinary perspective

- ➔ The scientific field of “ecosystem research” comprises three thematic areas, which address complex research issues: process-oriented ecosystem research, biodiversity and nature conservation research and socio-ecological research.

(B) The diverse research projects addressing ecological and socio-ecological research issues require appropriate funding support

- ➔ Research framework programmes or appropriately adapted awarding criteria for existing programmes.

(C) Core financing for necessary infrastructure (incl. IT-related infrastructure)

- ➔ Core financing in line with international models is a prerequisite for maintaining and further developing the necessary infrastructure for long-term environmental research and monitoring at the respective sites.

(D) Pooling permanent sites for multiple utilization in national research strands and contributing to the European Research Area (ERA)

- ➔ Creating a pool of priority sites with a model for their long-term trusteeship. This should enable Austria to contribute in a cost-efficient way to diverse European and international programmes and to ensure an appropriate reflux of funds.

(E) Operational Headquarters as a hub connecting national and international activities

- ➔ The coordination and documentation of LTER Sites in Austria will consolidate the stakeholder network, comprising research, practice, decision making and politics, and strengthen networking at international level. The integration of the sites’ databases ensures the multiple utilization of high value information.

Chapter 7.2 provides a breakdown of these five key messages in relation to current circumstances (page 51) and leads from these into the recommendations for solutions made in Chapter 7.3 (page 52 onwards).

LTER-Austria intends through this White Paper to present the national strategic challenges, which appear as “Grand Challenges” in the 2020 FTI Strategy from the Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology:

“... In this context, questions of ecological changes are as much the focus as those regarding health and food security. This involves technological as well as systemic or social research, supported by analyses, impact studies, scenario- and model-based studies, space-based and terrestrial environmental monitoring, etc. ... This presents society not only with technological demands but also with the need to adapt the use of land and space appropriately. Securing the sustainable production of biogenous raw materials and energy sources ... and their distribution ... requires a comprehensive, regionally differentiated knowledge of environmental, ecological, economic and social conditions, which must be obtained through interdisciplinary, targeted basic research.” (Austrian Federal Government, 2011).

The Austrian Society for Long-Term Ecological Research is grateful for the awarding of science funding made by the Federal Ministry for Science, Research and Economy and the international programme “Global Change” of the Austrian Academy of Sciences.

1 CONTEXT AND FRAMEWORK

1.1 AIM AND BACKGROUND OF THE WHITE PAPER: KEY MESSAGES

- ➔ **What knowledge is required to sustain the foundations of human life?**
- ➔ **What framework conditions are required for the research?**

European projects concerned with research strategy have addressed these questions in recent years and have initiated a reorganization of ecological research (FP6, FP7, H2020, ESFRI, see Chapter 6, page 45 ff.). This reorganization takes account of the infrastructural and logistic requirements for researching complex phenomena and their long-term dynamics (distributed research facilities, information technology). The Austrian Society for Long-Term Ecological Research (LTER-Austria) intends that the “LTER-Austria White Paper” should provide fresh impetus for the national repositioning of a field of science that has been confronted by massive changes in terms of content, social perception and funding conditions over the last 10 years.

The White Paper outlines current and emerging issues. It aims to contribute to the strategic orientation of long-term ecological and socio-ecological research in Austria. It provides an opportunity for research teams and organizations to position themselves in the Austrian and European research landscape. It provides an overview and future perspectives in the context of both the European Research Area and global challenges for those responsible for Austrian research strategies and research funding mechanisms (Ministerial research departments, the Austrian Science Fund (FWF), the Austrian Academy of Sciences, etc.).

In structural terms, it aims to support the organizational development of institutions for the benefit of ecological and socio-ecological themes through a division of work at both national and European levels and to raise awareness of the importance of Austrian expertise and research facilities.

The White Paper aims to answer the following questions:

- What are the priority **research themes**?
- Where are the greatest Austrian **potentials**?
- What **framework conditions** are necessary to put these potentials into practice?
- What is Austria’s best course of action in the **international context**?

The White Paper addresses ecosystem research via three thematic areas:

1. Process-oriented ecosystem research
2. Biodiversity and nature conservation research, and
3. Long-term socio-ecological research (LTSER).

The **term “ecosystem research” thus implicitly addresses all three thematic areas**, unless otherwise specified. Ecosystem research as it is understood in the LTER-Austria White Paper also covers the **“Critical Zone”**, that is, the layer of the globe between the stratosphere and the deeper geosphere, within which solar energy-powered life exists. This understanding is reflected in the most recent developments in Europe, China and Australia, according to which Critical Zone Research will make use of the infrastructures of LTER. In this context, there is an increasing focus upon (1) vertical interactions, particularly with the geosphere, and (2) very long-term processes, such as soil formation.

PRODUCTION METHODOLOGY OF THE WHITE PAPER

Teams of experts associated with the Society for Long-Term Ecological Research worked on each of the thematic areas listed above. They conducted interviews with leading research institutions and those who use and apply the results of such research, and then organised small-scale workshops to develop specific chapters for each thematic area.

Chapters 3 to 5 follow a harmonized structure, which aims to facilitate analysis and synthesis across all the thematic areas. Analysis should filter commonalities and explicit differences with the following objectives:

1. To avoid unproductive overlapping and make use of synergies
2. To create framework conditions for research excellence in the individual thematic areas by identifying any specific aspects that prevent “ecosystem research” from being addressed and supported as an undifferentiated whole.



Nationalpark Gesäuse: © Archiv Nationalpark Gesäuse

The second objective is closely coupled with the above-mentioned European efforts to ensure that the European Research Area is also more competitive in terms of ecological research, closely related to the creation of a stable financial basis for the infrastructures of ecosystem research (ESFRI, national ESFRI Roadmaps). In 2008 and 2009, LTER-Austria produced the first version of the White Paper. This phase also involved contact with the Austrian Platform for Biodiversity Research (BDFA). To avoid overlapping and inconsistencies and to make use of synergies where possible, the chapter addressing the thematic area of “Biodiversity and nature conservation research” was produced in close cooperation with this organization. Following an international review, the first LTER-Austria White Paper was completed in 2010 and presented in collaboration with the Network of Excellence ALTER-Net at an international conference in Vienna in November 2010. The current, comprehensively updated third edition of the White Paper was developed through a renewed joint undertaking and consultation process during the autumn of 2013 and summer of 2014. Following an international review process, the White Paper will be presented at an international LTER conference in February 2015 in Vienna in the context of European and global research concepts.

1.2 LTER AS A GLOBAL AND EUROPEAN FRAMEWORK

LTER has a 40-year history upon which to draw. Since the 1970s, humanity has encountered complex and supra-regional environmental problems, such as soil acidification and forest dieback. In this period, LTER was primarily focused upon the natural science components of long-term ecological research, which aim to improve the understanding, analysis and documentation of ecosystem processes, patterns and phenomena.

It was recognised that (1) the temporal dimension of the emergence, development and transformation of such patterns and processes extended far beyond the usual duration of research projects (3-5 years), (2) the spatial dimension of processes could not be captured at individual sites, and (3) comparable methods and approaches were a prerequisite for upscaling research results. In other words, **long-term studies** were required and research questions needed to be addressed through a **network of sites**. Moreover, the **investigation of entire ecosystems** (water and material balances), as opposed to the investigation of individual aspects, was seen as increasingly important. A more recent term, which makes reference to integrative approaches to the portion of the Earth in which life exists, is “**Critical Zone Research**” (NRC 2001).

To **implement** this understanding, the US National Science Foundation (NSF) developed the first national LTER network, which enabled the gathering of long-term data series on the most significant ecosystem processes, using the same methodology at different sites, and making these available for cross-site comparisons. The concept was so successful in the USA that it became the nucleus of a global network (see Info-Box 1).

Because of the high population density and long history of human utilization of large areas of land to a more or less intensive degree in Europe, while natural and near-natural ecosystems can now only be found on a small portion of the land area, it made sense to accord the aspect of human utilization greater prominence when transferring the LTER concept to the European context (Mirtl 2010). This led to the development of the LTSER concept (Long-Term Socio-Ecological Research), in which Europe and Austria play a leading role in global terms (see Chapter 1.3). A reference work was published in 2013, in which Austria took the lead (Singh et al., 2013). The FP6 Network of Excellence “ALTER-Net” tested the implementation of the LTSER concept in European pilot regions (see Info-Box 1). This addressed the challenge of producing scientific foundations for a more sustainable management of ecosystems and thus also for the goal of more sustainable development.

45 national networks for long-term ecological research (**LTER**: Long Term Ecosystem/Ecological Research) have joined together to form the **International Long-Term Ecological Research Network (ILTER)**. This global association of research sites encompasses the most diverse types of ecosystem (forest, grassland, cities, etc.) across all climate zones and forms a unique long-term data system

➡ www.lter-europe.net

The global **ILTER** network is organized into regional groups, e.g. “North America”, “Pacific Region”, etc. The Network of Excellence **ALTER-Net** (FP6, <http://ec.europa.eu/research/fp6>) established the conceptual basis for a pan-European regional group from 2004. **LTER-Europe** (European Long-Term Ecosystem Research Network) was formally established by partners from Western and Eastern Europe in 2007, and by 2014 had expanded to include 24 member States.

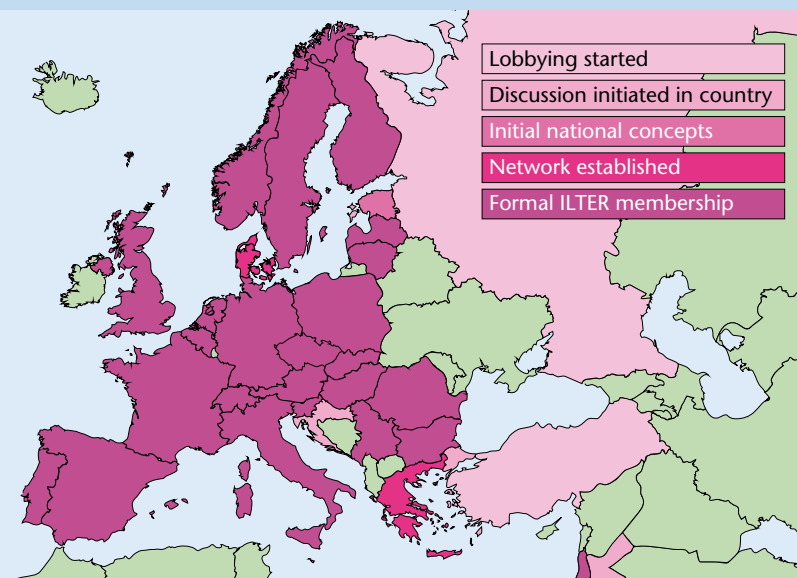
➡ www.alternet-info.net

LTER-Europe, a network of...

- Researchers (“Community”)
- LTER Sites
- LTER platforms
- Data and metadata
- National networks
- Institutions
- Disciplines
- In-situ research

And a...

- Part of the network of networks
- Research strategy process



The **in-situ network** of LTER-Europe includes c. **35 LTER Platforms** (see Chapter 1.3), i.e. complex research infrastructures for socio-ecological research, in which the most important natural areas in Europe are the subject of exemplary research. The second infrastructure type consists of the c. **400 traditional LTER Sites**.

LTER-Europe has become a **key component of the European Research Area** (a network of networks). LTER-Europe cooperates with diverse ESFRI and infrastructure projects, such as the IT-based infrastructure LifeWatch, for which it functions as a complementary in-situ component, ICOS or ExpeER (integration with experimental approaches). Along with this comes the definition of synergies and interfaces with key programmes, networks and institutions, such as UNESCO/Biosphere Reserves, UNECE/ICPs, the European Environment Agency, GEO-BON/EUBON, Copernicus, Natura2000, ENVRI, EUDAT, etc.

LTER-Europe is related to a central **reference document**, which sets out the design, type of site, scientific strategy, geopolitical distribution, administrative structures, services and interfaces to other relevant networks and processes (Mirtl et al. 2009). A substantial next step towards data integration is the Horizon2020 Projekt “eLTER”, which was accepted in January 2015 (co-operation with the Critical Zone research community, 15 out of 15 review points). In 2014 LTER-Europe was placed within the environmental sector of the “ESFRI Landscape”. An ESFRI proposal is being prepared for March 2015.

LTER has developed into a major component of European ecosystem and environment research infrastructure. LTER-Europe is working to define the interfaces to other European networks in this area and in environmental monitoring (UNECE ICP Integrated Monitoring, UNECE ICP Forests, UNESCO Biosphere Reserves, EEA, etc.). Environmental monitoring plays a significant role in the provision of long-term basic data, an indispensable component of long-term research (see Chapter 1.4). All these activities have direct significance for Austria and LTER-Austria, because of the need to progress the integration of infrastructures, networks and data stocks for reasons of efficiency. This is reflected in the Austrian consortium of LTER institutions, which includes the organizations that fund environmental monitoring (e.g. the Environment Agency Austria, Austrian Research Centre for Forests - BFW) and academic institutions.

The figure below (Fig. 1) provides an overview of how LTER-Europe is embedded in the infrastructure landscape. The purpose of the figure is to group together the elements of this landscape (e.g. in-situ infrastructures). LTER maintains multiple and diverse relationships and cooperation activities (partly formalized in MoUs), which cannot be described in detail in the scope of this White Paper. In many cases, this European (and global) context and relationships between these elements are reflected in the national organization. This is also the declared aim of LTER-Austria. Chapter 7 presents options for how such a national organization might look in the case of Austria.

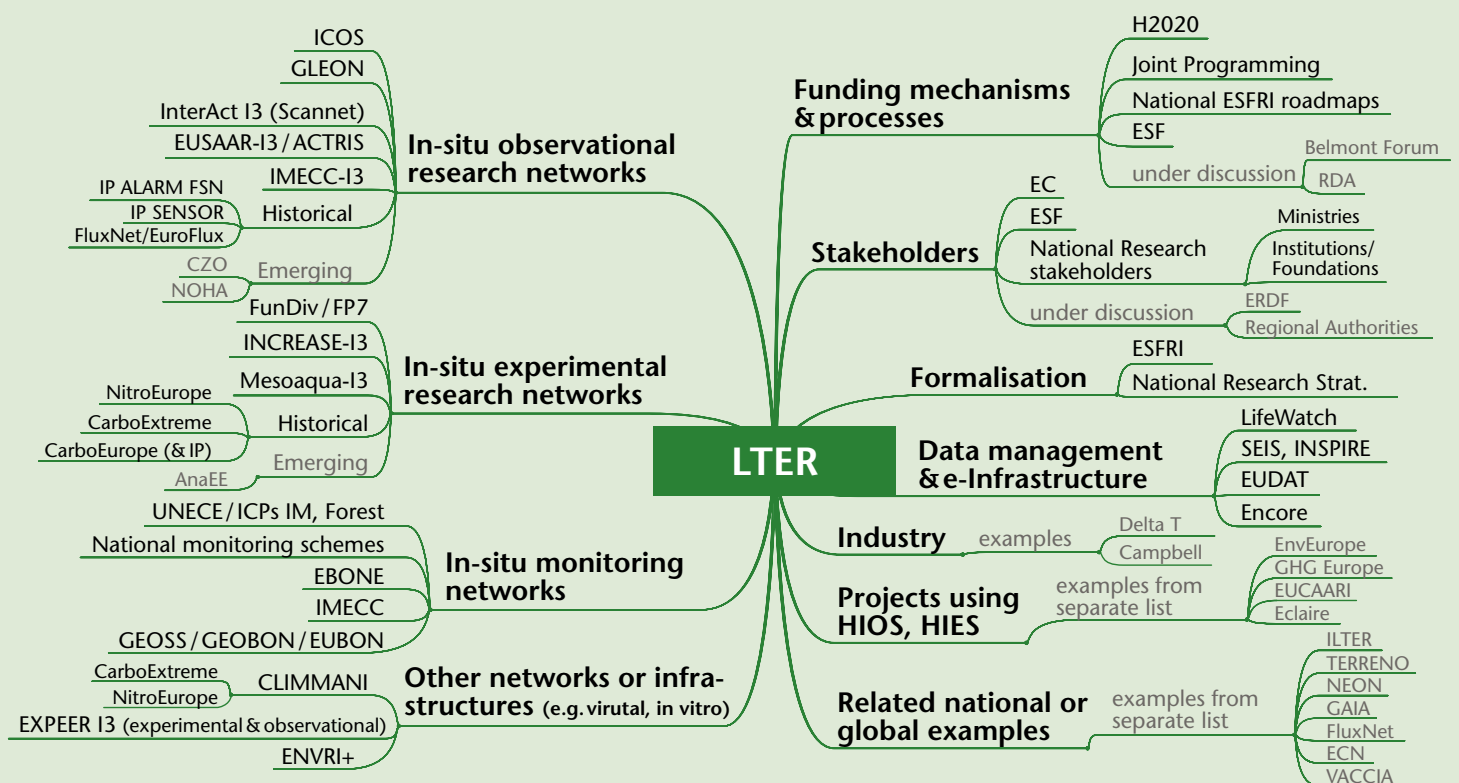


Fig. 1: "Landscape" of ecosystem research in Europe: The main branches in the diagram refer to sectors such as (above left) observational or experimental infrastructures. On the left, are the branches for in-situ infrastructures (networks of sites), and on the right are other relevant elements, such as e.g. e-infrastructure for data management.

1.3 “NEXT GENERATION LTER”

Since ecosystems interact closely with human activities, the LTER system was expanded around the turn of the millennium, to enable it to record processes of interaction between society and nature. This led to the emergence of the LTSER (Long-Term Socio-Ecological Research) concept: This focuses on long-term changes in the interplay between global change and the interaction of socioeconomic and ecological systems. In this way, LTSER contributes to an integrated form of sustainability research. In Europe, LTSER is an integral part of LTER-Europe.

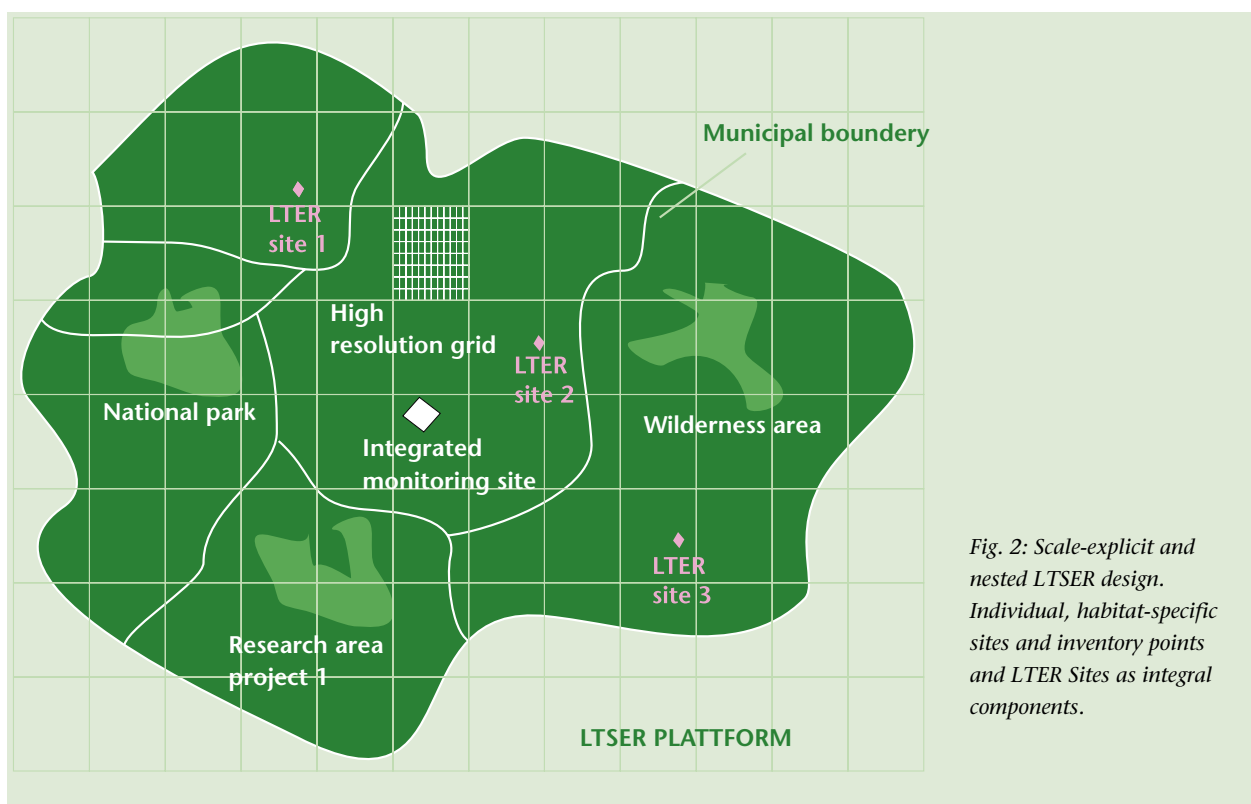
Under Austrian leadership, the current reference work on LTSER was published in 2013 by Springer (Singh et al. 2013). Its special role and implementation in Europe is elucidated by Mirtl et al. (2013) in this document. LTSER takes entire landscapes with their diverse interactions between society and nature as the subject for research. LTSER combines social and economic aspects and the history of human utilization with classical long-term ecological research. This facilitates research into phenomena that are characterized by social processes, such as hunting and wildlife management, the creation of conservation areas and their interaction with the surrounding environment, or the effects of changes in production and consumption upon resource use, land use and ecosystems. LTER-Europe encompasses both LTSER and “classical” LTER. The expansion of this concept also increases the benefits to human society of process-oriented ecosystem research at traditional LTER Sites, because it enables their results to be placed within a context that is meaningful for society.

LTSER in part focuses on regions, which form entities that have their own character in terms of the natural pace, culture and history of human utilization, such as e.g. “Eisenwurzen” in the Austrian core region or the “Tyrolean Alps”. LTSER thus requires a different research infrastructure, the so-called **LTSER Platforms**. These are **regional clusters of research and observational sites/projects**, which are effectively coordinated internally, and integrated to a high degree within international networks. They function equally as platforms for cooperation between the most diverse specialist areas (interdisciplinarity), and also between research representatives and users (transdisciplinarity). Research questions with regional relevance are investigated in cooperation with others and the results are also utilized on a regional basis (participation, education).

The **CONCEPT of the LTSER PLATFORMS TAKES ACCOUNT OF THREE FUNCTIONAL LEVELS:**

- Physical infrastructure: measurement equipment, institutions, data (demography, settlement patterns, land use, economy, natural areas, etc.)
- Communication space, concepts, networking: common language, development of thematic foci, methods and models, participation, transdisciplinarity, national and international networks
- Concrete projects, which, via the use of LTSER services and LTSER infrastructure, should deliver products that could not be produced in any other context – excellent and innovative research.

The **LTER Sites within the research platforms** constitute important elements of a scale-explicit, nested LTSER design (see Fig. 2). In accordance with this, the LTER Sites represent important habitat types for the landscapes in an LTSER Platform. Ecosystem processes are investigated from the level of the smallest possible scale of sampling plot size, through small catchment areas to the landscape level. Special areas and conservation areas such as national parks, nature parks, biosphere parks, wilderness areas, etc., play an important role within “nested design”, since through appropriately coupled inventory systems, the degree to which small-scale sites within these areas are representative of the area as a whole can be evaluated in empirical terms. This facilitates the transfer of local measurement data to the region and of regional measurements (e.g. air quality) to smaller-scale sites (upscaling, downscaling). Another important aspect concerns reference to administrative boundaries (e.g. municipality or district boundaries), since on one hand these may be used to establish relations with the political system, and on the other, because much socioeconomic and environmental data within official statistics, which are indispensable for LTSER (e.g. population figures, building, agriculture and forestry statistics, etc.), can only be found at the level of administrative entities such as cadastral municipalities, municipalities, districts or federal provinces.



The **added value** of research platforms lies primarily in the fact that they make it possible to address integrated socio-ecological questions (society-nature interaction), i.e. questions of sustainability research that simply cannot be asked at plot-level. As such, they form the basis for interdisciplinary cooperation, division of work and the opportunity for LTSE to deliver socially relevant results. This can be demonstrated using the example of air pollutants: laborious and expensive measurements of pollutant inputs are only undertaken at a few locations. However, there is a range of investigations into the impact of pollutants in diverse types of ecosystems. By using these measurement data together and taking a regional approach, the causes can be identified, the consequences for ecosystems can be represented and recommendations for improving the management of resources can be formulated.

LTSE DEMANDS HIGH STANDARDS REGARDING THE RESEARCH APPROACH AND THE REQUISITE FRAMEWORK CONDITIONS:

- A multi-scale approach in the context of observing small-scale processes and trends within individual ecosystem types, such as e.g. forest or grassland, up to and including the comprehensive analysis of entire regions. In this context, the results of each scale level should be of maximum use to other levels: "Regionalisation".
- An integrative and interdisciplinary investigation of the interactions between social, cultural, economic and ecological factors ("Society-nature interaction") in the regional context.
- Focusing and increasing efficiency of research activities and research potentials through the use of content-related synergies, existing data and infrastructures.
- Harmonization of regional and international research through the coupling of local, regional, national and international research projects. Inclusion of the research platforms within international projects with the aim of achieving an optimal division of work.
- Modelling and scenario development to facilitate and create the scientific basis for decision-making at local, regional and national levels – politically relevant information based on LTER databases and LTER know-how.

1.4 INTERACTION BETWEEN MONITORING AND RESEARCH IN LTER

A key attribute of LTER concerns the analysis of long-term trends across all elements of the system and the embedding of short-term projects within this information. Trends can, however only be identified by means of reliable monitoring data (standards regarding methods and instruments, quality assurance), which to some extent, despite regulatory guidelines, are still not always available in sufficient quantities.

➔ *EXAMPLE: The EU Water Framework Directive (WFD) obliges Member States to achieve a good ecological and chemical status for all natural water bodies by 22 December 2015. Because of its low testing frequency, the national water monitoring programme, regulated by the Water Quality Monitoring Regulation (WGEV) in accordance with the stipulations of the WFD, is not suited to adequately record the impacts of extreme events, such as the “100-year flood” in 2013, upon water quality. Furthermore, not only the aquatic areas themselves need to be documented but also the (semi-)terrestrial areas that are in direct proximity and exchange with the water bodies. The spatial and temporal changes in land use and land cover in the catchment area of a body of water or a lake have a significant impact upon water quality. The findings and recommendations based on detailed measurements from LTER Sites, and their incorporated observations with the catchment area thus represent services that are of national and EU-wide relevance.*

For LTER Sites, therefore, complementary long-term ecosystem monitoring (LTEM) represents a resource-intensive routine task, which, although it is closely linked to the research itself, differs significantly from research projects in terms of its activity profile and the requisite qualifications and funding mechanisms (stable core budget, long-term staff involvement, secure data management).

Monitoring also requires a range of “hard” infrastructure, which needs to be permanently available, if it is to be truly state-of-the-art, e.g. powerful and reliable electricity supply for thermostatic stabilization, stable data transfer, year-round vehicular access, snow clearance, and measurement towers. At the same time, many research issues have attained such a high level of complexity that they can now only be addressed by using highly sophisticated equipment and experimental approaches. Good examples of this are measurements of greenhouse gas balances in ecosystems with a combination of atmospheric measurements and vertical profiles of soil, vegetation and the free atmosphere (see ICOS in Chapter 6 on p. 43) as well as facilities for analysing nitrogen balances in soils.

Measuring point at Zöbelboden: © Michael Mirtl



This is one of the reasons for the European discussion and the trend towards concentrating research activities at “super-sites” or, in the terminology of LTER – “LTER Master Sites”.

At the same time, the European Environment Agency (EEA) initiated expert discussions on the reorganization of European monitoring systems. A related project, “Monitoring 2015”, has also been ready to begin in Austria for some years already. The central question involves the extent to which parameters and measurement networks that are generally sectorally monitored are suited to finding answers to emerging research questions or to serving in the context of integrated ecological assessment. This represents a thematic link to LTER, where the design of LTER Sites has for decades focused on the integration of media-related monitoring (soil, water, air, vegetation, etc.) and one that evaluates trends and interactions across media. From the aspect of multiple utilization of monitoring data, LTER Sites regularly become central docking points for numerous monitoring systems. This allows opportunities for the development and validation of methods and indicators, which has especial relevance for the connection with legal regulations, such as the WFD mentioned above.

Addressing research questions in many instances requires basic monitoring that goes far beyond the standard programme of sectoral monitoring systems (temporal and spatial density, measurement accuracy) and must be coordinated at a Europe-wide level. This opens up possibilities for transdisciplinary research approaches that not only aim at an holistic-integrative monitoring approach for individual disciplines but also include the concerns, knowledge and experiences of local populations (e.g. agricultural and forestry workers, tourist officials, local community representatives). Only thus can an environmentally friendly, sustainable development be supported by economically viable means, taking account of socio-cultural contexts.

In many areas, therefore, the “operation” of LTER Sites is synonymous with basic measurements and the provision of quality-assured data. **The costs and routine activities that this entails comprise one of the reasons as to why universities in Austria are hardly in a position to secure the long-term operation of LTER Sites. The need for a division of tasks and seamless bringing together of basic operations, trend analyses, short- and long-term research projects, as well as the efficient use of the infrastructures that are required for both, require a well-organized partnership (see Fig. 3), for which LTER offers a framework** (suggested structure for a LTER-Austria research cluster in Fig. 14 in Chapter 7.3.1)

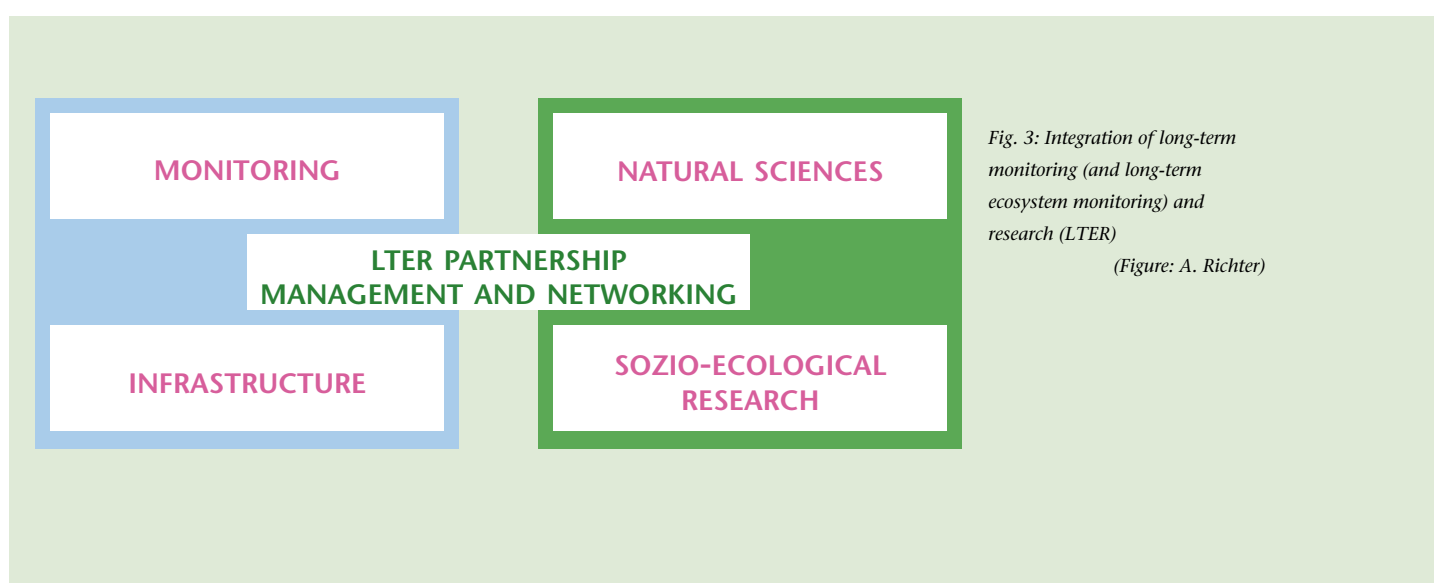


Fig. 3: Integration of long-term monitoring (and long-term ecosystem monitoring) and research (LTER)

(Figure: A. Richter)

The annex chapter 8.3 expands on the interactions between environmental monitoring and LTER from the European perspective.

1.5 LTER-AUSTRIA

1.5.1 PROFILE AND PROCESS

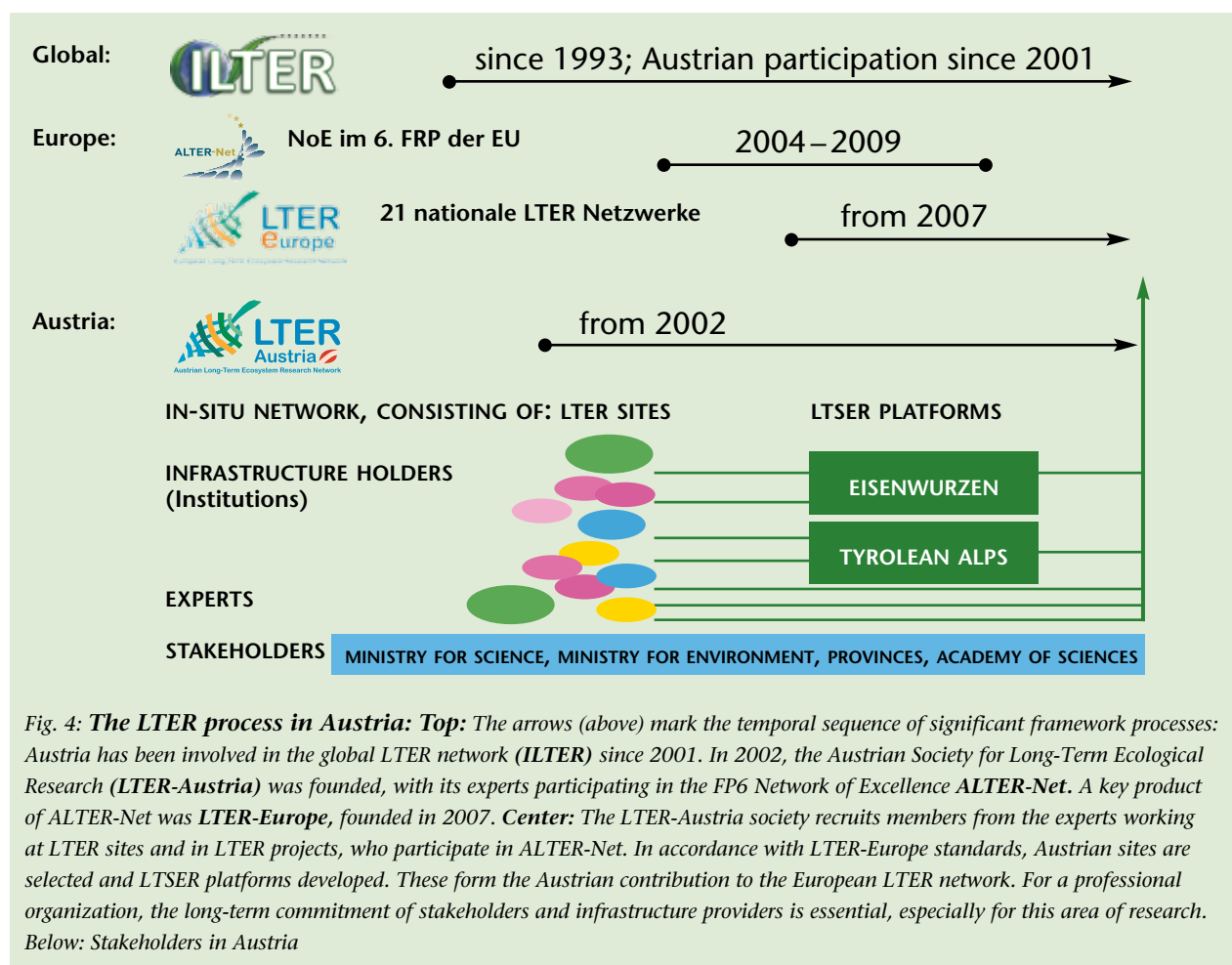
The Austrian Society for Long-Term Ecological Research, LTER-Austria, was founded in 2002. Since then, Austria has made a significant contribution to the international LTER process (ALTER-Net, ILTERN), although structured long-term funding and institutional consolidation are not yet in place. Austria currently chairs the European LTER network.

LTER-Austria sees itself as representing the interests of long-term ecological and socio-ecological research and also to some extent covers the research focus of the Critical Zone concept. All the key relevant institutions and infrastructure organisations are represented in LTER-Austria.

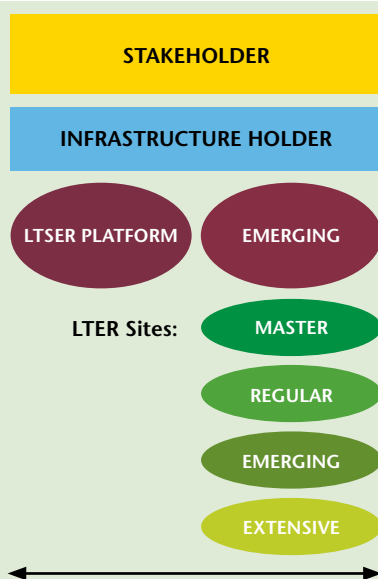
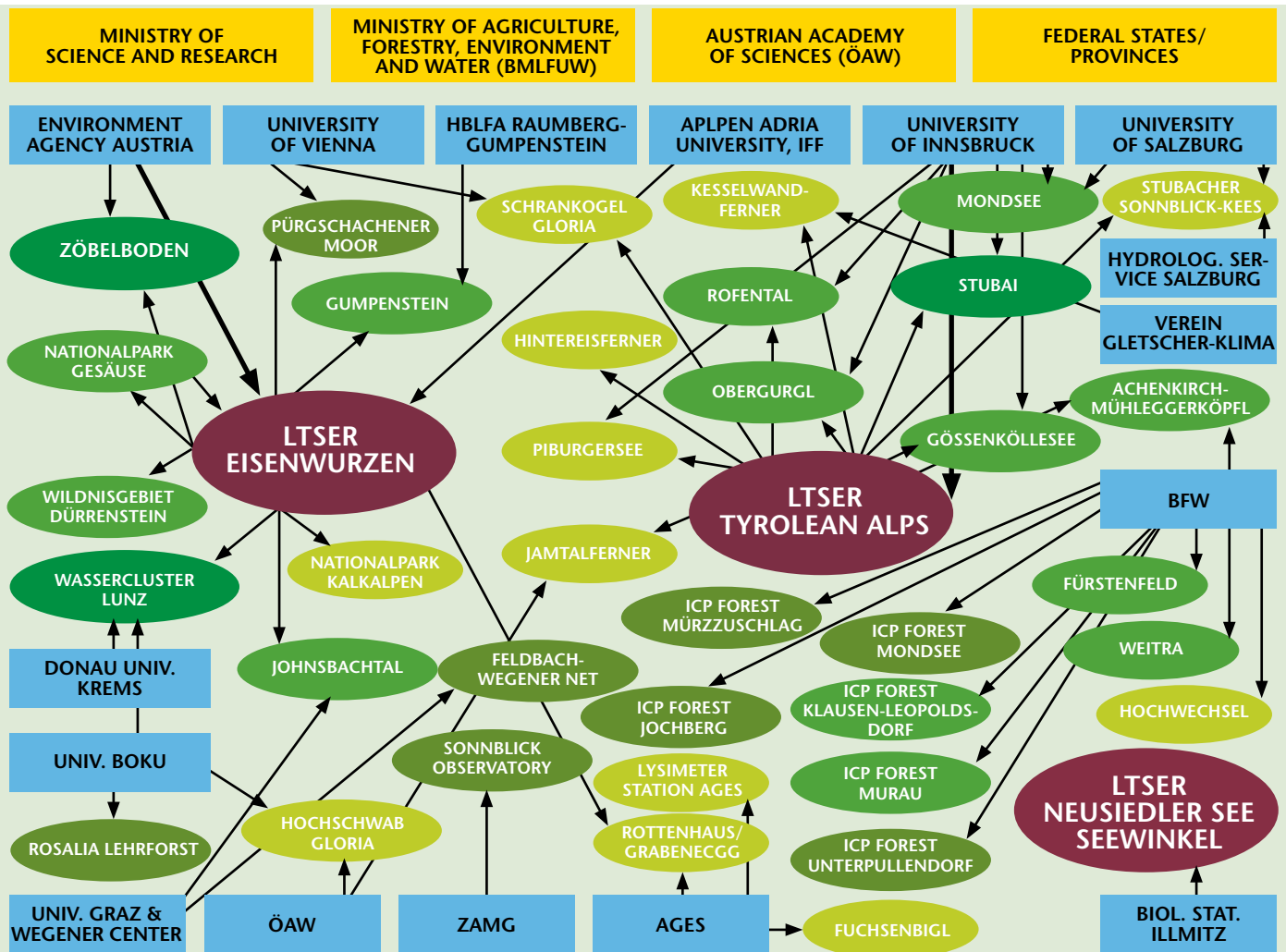
With reference to the international concept, the LTER-Austria network sees itself as:

- A network of in-situ components (LTSER Platforms, LTER Sites)
- A community of scientists and scientific institutions, sharing an underlying consensus in content terms (LTER-Austria White Paper)
- A “transmission belt” to stakeholders (decision makers and practitioners) to ensure the development of infrastructure and competitive ecosystem research in Austria.

The LTER process in Austria is presented in Fig. 4.



The comparative representation of the organisation and the embedding of national LTER “communities” and their Sites across all the Member States in the so-called “LTER National Mind Maps” is a particular achievement of LTER-Europe. The Austrian Mind Map is shown in in Fig. 5.



LEGEND

Key stakeholder, funding body

Institute which is member of the national network and responsible for a LTER Site and/or LTER Platform (Infrastructure holder)

LTER platform. Usually managed by an institute.

LTER Site (within an LTER platform or self contained). Usually managed by an institute acting as infrastructure holder.

Managed by/belongs to

Fig. 5: "Mind Map" for LTER in Austria, showing the network of stakeholders (YELLOW), host institutions (BLUE), LTER Platforms (DARK RED) and LTER Sites (LIGHT GREEN). Some sites are potential sites, whose classification and documentation are awaiting confirmation.

1.5.2 THE IN-SITU NETWORK OF LTER-AUSTRIA

The development of Austrian long-term ecological research (LTER) originally built upon the nationwide research activities of the Austrian Network for Environmental Research (ÖNUF) to develop projects and institutions for ecosystem research.

Two areas with a high existing concentration of such infrastructures (LTER Sites) and active research teams appeared suitable for the development of so-called LTSE Platforms:

- LTSE “Eisenwurzen” (northeastern Limestone Alps, including the pre-Alpine regions of Upper Austria, Lower Austria and Styria)
- LTSE “Tyrolean Alps” (Ötztal and Stubai Alps, Tirol)

The Eisenwurzen research platform is already largely implemented and the development of the Tyrolean Alps research platform ongoing. A further recommended platform in the Pannonian region of eastern Austria known as the “Seewinkel” has been included in the preparatory planning of the revised management plan for the biosphere reserve, and most recently was registered as the “emerging LTSE Platform Neusiedler See-Seewinkel”. The complex “Mondsee” site has also acquired some of the aspects of an LTSE Platform in recent years.

LTER Sites are a) integral components of LTSE Platforms and b) beyond these, complement the LTER network through the addition of important natural spaces and indicator sites for driving factors such as climate change. Table 1 provides an overview of the Austrian LTER Sites and LTSE Platforms. The structure of the table reflects the organisation of the national pool of ecosystem research infrastructure relating to LTER:

- LTSE Platform Eisenwurzen
 - Platform sites in alphabetical order
- LTSE Platform Tyrolean Alps
 - Platform sites in alphabetical order
- Other LTER Sites in alphabetical order

Fig. 5 in Chapter 1.5.1 shows the organisational structure of sites and platforms (relevant institutions, etc.) and Fig. 6 shows the location of LTER Sites and LTSE Platforms.

TABLE 1: The following Austrian LTER sites and LTSE platforms were reported to the european and global LTER database; appropriately documented and accredited by LTER-Europe.:

	SITE NAME	SITE-TYPE	BE- LONGS TO	CATE- GORY	HABI- TAT- TYPE*	INFRASTRUCTURE HOLDER	CONTACT E-MAIL & WEBSITE	SCIEN- TISTS **
	LTSE Platt- form Eisen- wurzen (EW) LTER_EU_AT_001	LTSE Platform		Regular	Forest	Umweltbundesamt GmbH	Andrea Stocker-Kiss andrea.stocker-kiss@ umweltbundesamt.at www.plattform- eisenwurzen.at	25
	Feldbach – WegenerNet LTER_EU_ AT_029_002	Simple Site	LTSE EW	Emerging	Agricul- tural	Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz	Gottfried Kirchengast gottfried.kirchengast@ unigraz.at	4
	HBLFA Raumberg- Gumpenstein LTER_EU_AT_006	Complex Site	LTSE EW	Regular	Grass- land	HBLFA Raumberg- Gumpenstein	Renate Mayer; renate.mayer@raum- berg-gumpenstein.at; www. raumberg-gumpenstein.at	

	SITE NAME	SITE-TYPE	BE- LONGS TO	CATE- GORY	HABI- TAT- TYPE*	INFRASTRUCTURE HOLDER	CONTACT E-MAIL & WEBSITE	SCIEN- TISTS **
	Hochschwab GLORIA LTER_EU_AT_007	Simple Site	LTSER EW	Extensive	Montane	Österr. Akademie der Wissenschaften/Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung & BOKU/Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit	Harald Pauli harald.pauli@oeaw.ac.at http://www.gloria.ac.at	
	Johnsbachtal LTER_EU_ AT_029_001	Simple Site	LTSER EW	Regular	Montane	Institut für Geographie und Regional- forschung, Universität Graz	Oliver Sass oliver.sass@uni-graz.at	10
	Nationalpark Gesäuse LTER_EU_AT_005	Complex Site	LTSER EW	Regular	Forest	Nationalpark Gesäuse GmbH	Daniel Kreiner daniel.kreiner@nationalpark. co.at www.nationalpark.co.at	60
	Nationalpark Kalkalpen LTER_EU_AT_008	Complex Site	LTSER EW	Extensive	Forest	Nationalpark OÖ Kalkal- pen GmbH	Hartmann Pölz hartmann.poelz@ kalkalpen.at	
	Pürg- schachener Moor LTER_EU_AT_041	Simple Site	LTSER EW	Emerging	Peatland	Univ. Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung	Stephan Glatzel stephan.glatzel@ univie.ac.at Simon Drollinger simon.drollinger@ univie.ac.at	5
	Rottenhaus/ Grabenegg LTER_EU_AT_038	Simple Site	LTSER EW	Extensive	Cropland	Österr. Agentur für Gesundheit u. Ernäh- rungssicherheit (AGES)	Heide Spiegel adelheid.spiegel@ages.at www.ages.at	5
	WasserCluster Lunz LTER_EU_AT_010	Simple Site	LTSER EW	Master	Fresh- water	Univ. Wien, Univ. für Bodenkultur Wien, Donau-Univ. Krems	WasserCluster Lunz office@wkl.ac.at www.wcln. ac.at	21
	Wildnisgebiet Dürrenstein LTER_EU_AT_004	Simple Site	LTSER EW	Regular	Forest	Schutzgebietsver- waltung Wildnisgebiet Dürrenstein	Christoph Leditznig christoph.leditznig@wildnis- gebiet.at www.wildnisgebiet.at	5
	Zöbelboden LTER_EU_AT_003	Complex Site	LTSER EW	Master	Forest	Umweltbundesamt GmbH	Thomas Dirnböck thomas.dirnboeck@ umweltbundesamt.at Johannes Kobler johannes.kobler@umwelt- bundesamt.at; Ika Djukic ika.djukic@ umweltbundesamt.at; www. umweltbundesamt.at/im	25

	SITE NAME	SITE-TYPE	BE- LONGS TO	CATE- GORY	HABI- TAT- TYPE*	INFRASTRUCTURE HOLDER	CONTACT E-MAIL & WEBSITE	SCIEN- TISTS **
	LTSER Platt- form Tyrolean Alps (TA) LTER_EU_AT_002	LTSER Platform		Regular	Montane	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Ulrike Tappeiner ulrike.tappeiner@uibk.ac.at	
	Achenkirch- Mühlegger- köpfl LTER_EU_AT_024	Complex Site	LTSER TA	Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturge- fahren und Landschaft (BFW)	Robert Jandl robert.jandl@bfw.gv.at www.bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=4391	10
	Gossenkölle- see LTER_EU_AT_012	Simple Site	LTSER TA	Regular	Montane	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Birgit Sattler birgit.sattler@uibk.ac.at Ruben Sommaruga ruben.sommaruga@ uibk.ac.at	20
	Jamtalferner LTER_EU_AT_014	Simple Site	LTSER TA	Extensive	Montane	Institut für Interdiszipli- näre Gebirgsforschung, ÖAW	Andrea Fischer andrea.fischer@oeaw.ac.at www.mountainresearch.at	2
	Kesselwand- ferner LTER_EU_AT_016	Simple Site	LTSER TA	Emerging	Montane	Verein Gletscher-Klima	Andrea Fischer: andrea.fischer@oeaw.ac.at www.gletscher-klima.at	6
	Obergurgl LTER_EU_AT_018	Complex Site	LTSER TA	Regular	Montane	Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Universität Innsbruck	Nikolaus Schallhart klaus.schallhart@uibk.ac.at http://www.uibk.ac.at/afo	35
	Patscherkofel LTER_EU_AT_019	Simple Site	LTSER TA	Closed (1963- 2008)	Montane	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Gerhard Wieser gerhard.wieser@uibk.ac.at Gilbert Neuner gilbert.neuner@uibk.ac.at	
	Piburger See LTER_EU_AT_020	Simple Site	LTSER TA	Extensive	Fresh- water	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Ruben Sommaruga ruben.sommaruga@ uibk.ac.at Ulrike Nickus ulrike.nickus@uibk.ac.at	
	Rofental LTER_EU_AT_042	Complex Site	LTSER TA	Regular	Montane	Institut für Meteorologie und Geophysik und Institut für Geographie, Universität Innsbruck; Kommission für Glaziologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften	Georg Kaser georg.kaser@uibk.ac.at Ulrich Strasser ulrich.strasser@uibk.ac.at Ludwig Braun ludwig.braun@ lrz.badw-muenchen.de http://imgi.uibk.ac.at/ research/ice-and-climate/ projects/hef	> 20

	SITE NAME	SITE-TYPE	BE- LONGS TO	CATE- GORY	HABI- TAT- TYPE*	INFRASTRUCTURE HOLDER	CONTACT E-MAIL & WEBSITE	SCIEN- TISTS **
	Schrankogel (GLORIA Master Site) LTER_EU_AT_021	Complex Site	LTSER TA	Extensive	Montane	Univ. Wien, Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- u. Landschaftsökologie	Harald Pauli; harald.pauli@univie.ac.at www.gloria.ac.at/ ?a=42&b=56	
	Stubacher Sonnblickkees LTER_EU_AT_023	Simple Site	LTSER TA	Extensive	Montane	Hydrologischer Dienst Salzburg Universität Salzburg	Hans Wiesenegger hans.wiesenegger@ salzburg.gv.at Bernhard Zigel bernhard.zigel@sbj.ac.at	
	Stubai LTER_EU_AT_015	Complex Site	LTSER TA	Master	Grass- land	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Ulrike Tappeiner ulrike.tappeiner@uibk.ac.at Georg Wohlfahrt georg.wohlfahrt@uibk.ac.at Michael Bahn michael.bahn@uibk.ac.at www.uibk.ac.at/ecology	75
LTER Standorte ohne Zugehörigkeit zu einer LTSE Plattform								
	Fuchsenbigl LTER_EU_AT_030	Simple Site		Extensive	Cropland	Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)	Heide Spiegel adelheid.spiegel@ages.at www.ages.at	10
	Fürstenfeld LTER_EU_AT_025	Simple Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Michael Englisch; michael.englisch@bfw.gv.at	4
	Hochwechsel LTER_EU_AT_026	Simple Site		Extensive	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Michael Englisch michael.englisch@bfw.gv.at	4
	ICP Forest Jochberg LTER_EU_AT_033	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@ bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=3833	10
	ICP Forest Klausen- Leopoldsdorf LTER_EU_AT_031	Complex Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@ bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=3983	10
	ICP Forest Mondsee LTER_EU_AT_034	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@ bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=3827	10

	SITE NAME	SITE-TYPE	BE- LONGS TO	CATE- GORY	HABI- TAT- TYPE*	INFRASTRUCTURE HOLDER	CONTACT E-MAIL & WEBSITE	SCIEN- TISTS **
	ICP Forest Murau LTER_EU_AT_032	Simple Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@ bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=3832	10
	ICP Forest Mürzzuschlag LTER_EU_AT_035	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@ bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=3831	10
	ICP Forest Unterpullen- dorf LTER_EU_AT_036	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@ bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms. web?dok=3818	10
	LTSER Plattform Neusiedler See – Seewinkel (NSS) LTER_EU_AT_028	LTSER Plattform		Emerging	Fresh- water	Biologische Station Neusiedler See, Illmitz	Thomas Zechmeister thomas.zechmeister@ bgld.gv.at www.burgenland.at/natur- umwelt-agrar/natur/ biologische-station- neusiedler-see	25
	Lysimeter- Station AGES LTER_EU_AT_040	Simple Site		Extensive	Cropland	Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)	Helene Berthold helene.berthold@ages.at Andreas Baumgarten andreas.baumgarten@ ages.at	
	Mondsee LTER_EU_AT_039	Complex Site		Regular	Fresh- water	Forschungsinstitut für Limnologie, Mondsee, Universität Innsbruck; Interfakultärer Fachbe- reich Geoinformatik, Paris Lodron Universität Salzburg	Thomas Weisse thomas.weisse@uibk.ac.at Rainer Kurmayer rainer.kurmayer@uibk.ac.at www.uibk.ac.at/limno Hermann Klug hermann.klug@sbg.ac.at	8
	Rosalia Lehrforst LTER_EU_AT_037	Simple Site		Emerging	Forest	Universität für Bodenkultur	Josef Gasch josef.gasch@boku.ac.at Michael Zimmermann michael.zimmermann@ boku.ac.at; www.wabo.boku.ac.at/ lehrforst	20
	Sonnblick LTER_EU_AT_022	Simple Site		Emerging	Montane	Zentralanst. für Meteo- rologie u. Geodynamik ZAMG/Sonnblickverein	Bernhard Niedermoser bernhard.niedermoser@ zamg.ac.at www.sonnblick.net	50
	Weitra LTER_EU_AT_027	Complex Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Michael Englisch michael.englisch@ bfw.gv.at www.sustman.de	5

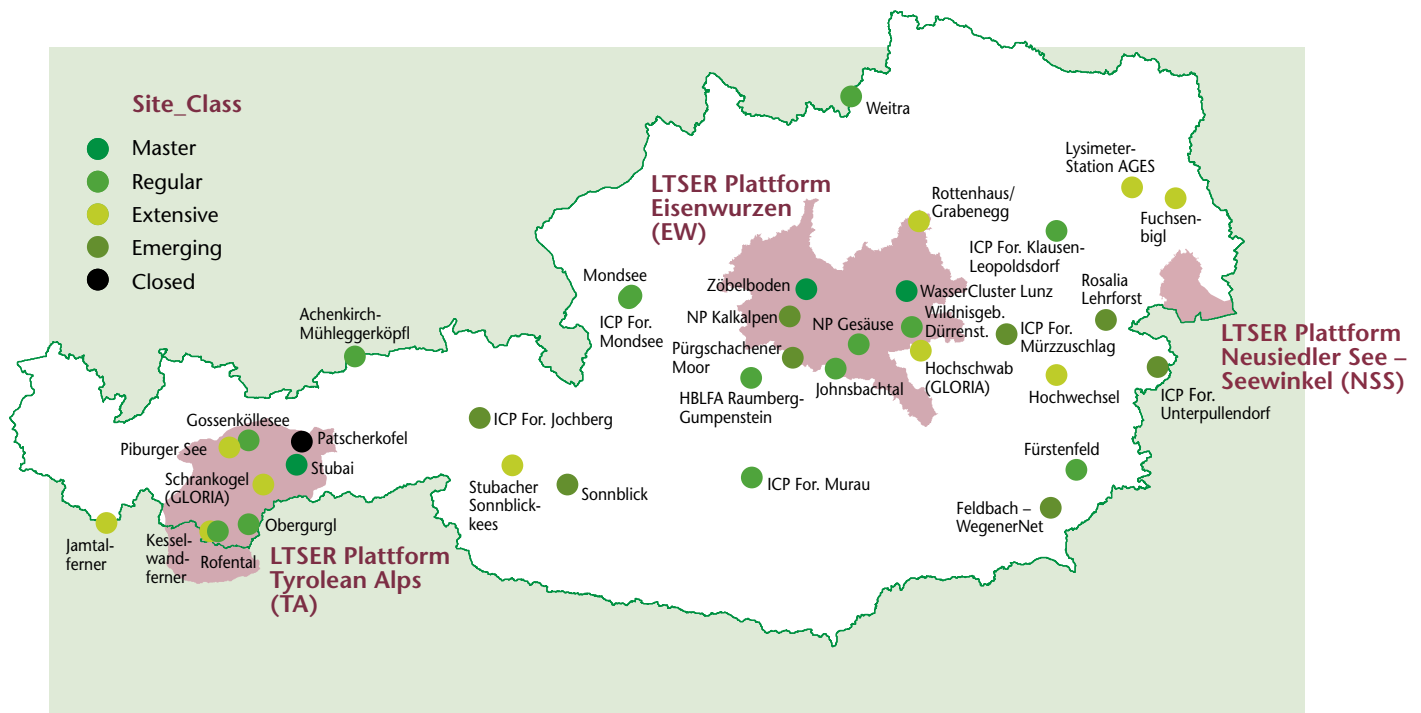


Fig. 6: Map showing the Austrian LTER Sites and LTSE Platforms

38 Austrian LTER Sites and LTSE Platforms are registered within the European and global LTER network. One site was closed (Patscherkofel), but still serves as data source. The LTER Sites are subdivided into the categories of “LTER Master Site” (3), “Regular LTER Site” (15) and “Extensive/Emerging Site” (remainder). The description of these categories can be found on the LTER-Europe website (<http://www.lter-europe.net>, sections “Organisation/key documents/criteria” and “Sites and Platforms”). LTER-Austria thus represents all relevant Austrian ecosystem types and contributes to the division of work in the European network of 24 countries.

Of particular importance (see chapter 1.3) are the two LTSE Platforms in the regions of “Tyrolean Alps” and “Eisenwurzen” as focal areas for LTER-Austria, and these include 11 sites in the case of Eisenwurzen and 10 sites in the case of the Tyrolean Alps.

Since the sites were established, in some cases as far back as 100 years ago, more than 700 scientists have worked there, producing unique hot spots for ecological knowledge in the process. Currently, c. 300 national and international scientists are working at these sites or with the data from these sites, excluding the duplicated addition of those working at more than one of these sites. In total, c. 500 projects have taken place. These figures are based on ongoing collection of metadata, with a current return rate of 90% and can thus be extrapolated for 100%. Because of its particular terms of reference and form of data utilization, the figures for Sonnblick cannot be included in these statistics.

The infrastructures are managed by 19 institutions. The accumulated infrastructure value of the network is calculated to be c. 7 - 9 Mio EUR (6 Mio EUR more, if the Sonnblick site is included). Austrian was one of the first countries in Europe to launch an initiative towards integrating existing in-situ infrastructures by bringing together suitable sites of ICP Integrated Monitoring, ICP –Forest, ICP Waters, EMEP, etc. (network analysis from COST FP0903, October 2010), with this being a first strategic step towards that goal. The necessary operational integration, organisational requirements and funding for this were key motivations for this position paper. Chapter 6 expands on the current strategic framework in the European context.

A brief description of the sites, their research foci and respective related key publications can be found in the Annex in Chapter 8.1.

1.5.3 STATUS

The focus of LTER-Austria to date has been the endeavour to bring together the relevant infrastructures and research teams. A research community of more than 200 researchers, working in c. 25 institutions, takes its frame of reference in terms of social responsibility and orientation from the the concepts developed since 2005 for European LTER (www.lter-europe.net) as well as the new framework conditions of the ESFRI landscape (with LTER forming part of the “Environment” area).

In as much as the bottom-up approach was feasible, a network emerged that has consolidated its position in a European context. This consolidation is largely the result of the involvement of individual researchers, sites and institutions in a wide variety of projects. LTER-Austria functions to an increasing degree as a platform, by means of which further national institutions can move beyond traditional relationships based on competition to become involved in suitable projects (z.B. FP7/ INFRA-2010 Projekt „EXPEER“, Horizon2020 FORESTING and eLTER, FP6/ ALTER-Net). In 2012, 156 sites from 20 countries responded in concerted fashion to the “Infrastructure Survey” of the EC, among them 24 Austrian sites.

The still fragmented character of ecosystem research in Austria, both in terms of infrastructures and research projects and increasing demands for strategic approaches and centralized services (data management, the coordination of activities across the sites both at national and international level, standardisation and a basic measurement programme) provide the key motivation for developing this position paper. Key qualities and requirements for research into long-term trends in our systems (research teams above a critical size, which facilitate interdisciplinary working; basic monitoring, etc.) and the competitiveness of Austrian infrastructures in the European Research Area (ERA) need to be secured. Multiple utilization, both of the sites themselves and the data (both nationally and internationally), is a key criterion in this respect.

In this sense, the synthesis chapter 7 of this document formulates a vision for overcoming existing weaknesses and achieving the optimal utilization of the potentials created.

2 THEMATIC AREAS OF LTER IN AUSTRIA

2.1 DEFINITION

LTER-Austria provides a platform for ecological and socio-ecological research, as facilitated on one hand by exclusively national framework programmes, such as the KLF (Cultivated Landscape Research, or Kulturlandschaftsforschung) and ProVision in the past, and as suggested on the other hand now by European strategies (ENVRI+).

LTER-Austria unites and links the key thematic areas in a consistent manner, as these are found in recognised conceptual models (see below, Fig. 7) and as characterised in the following key words:

Process-oriented ecosystem research:

- Natural sciences basic research
- Investigation of functionally and structurally important ecosystem compartments
- Long-term impacts of drivers and combinations of drivers upon ecosystem functions and services)

Biodiversity and nature conservation research:

- Recording the status, trend and functional relationships of species
- Ensuring the long-term survival of species, their genetic diversity and ecological integrity and functionality of habitats
- Long-term safeguarding of biodiversity supported ecosystem services
- Analysis and scenarios for the adaptation of species and habitats to global change (including climate change)



Deadwood in the forest: © Irene Oberleitner

Socio-ecological research:

- Socio-ecological basic research: Society-nature interaction, socio-ecological transitions, changes in resources use
- Environmental history and historical sustainability research
- Integrated socio-ecological modeling: Process and systems knowledge, scenarios, interdisciplinary integration
- Helping the effective response to grand societal challenges (e.g. sustainable water, food and energy supply, population growth, health)

If ecological research is to deliver results that are both socially and politically relevant, the complexity of our socio-ecological systems requires that the formulation of research questions must consider or include more than one of these areas. A key aim is to achieve the best possible consolidation within the European Research Area.

LTER-Austria facilitates this through:

- Interdisciplinary expertise (scientific research forum)
- Concrete research sites and regions (expertise and data hotspots)
- International networks (project-level; LTER-Austria as one of 24 national networks in LTER-Europe)

LTER-Austria and the White Paper on long-term ecological research in Austria have faced and continue to face the challenge of covering the breadth of expertise encompassed by ecosystem research, without diluting the weight and the specific requirements of the key thematic areas.

2.2 LINK TO CONCEPTUAL MODELS

The decision to define thematic areas was taken as much on pragmatic grounds as on account of the linkage to conceptual models: It reflects groupings within the scientific community, their different clients, funding bodies, aspects of practical implementation, and political and management requirements. The thematic areas encompass key building blocks of recognised conceptual models of society-nature interaction, which are employed in current sustainability research and in environmental and sustainability reporting, as well as in monitoring:

- **DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response):** The DPSIR schema systematises the interdependencies between societal activities and changes in ecosystems. It assumes that “drivers” (e.g. economic or population growth) lead to “pressures” (e.g. emissions). These in turn produce changes in the “state” of ecosystems, which can threaten ecosystem services (“impacts”). Society attempts to take counter measures by means of “responses” (e.g. environmental protection measures, sustainability policies). This schema is used particularly in order to systematise environmental and sustainability indicators (EEA 2007).
- **SES (Socio-Ecological Systems research):** The research into complex socio-ecological systems, which arise through the interaction between societies and their natural environment, has been driven forward by groups such as the “Resilience Alliance” (see <http://www.resalliance.org/>). At its centre lies the theory of complex adaptive systems, applied to the question of under which conditions socio-ecological systems may prove themselves to be “resilient”, i.e. capable of maintaining their key functional relationships even under conditions of environmental change. This focuses primarily upon system dynamics considerations such as non-linearity (“expect the unexpected”), vulnerability and adaptability. This approach is explicitly related to different scale levels and the pace of change (Gundeson und Holling, 2002). A key demand concerns “adaptive management”, i.e. a way of managing ecosystems, which explicitly acknowledges the unknown,

the uncertain, and the mutability of systems and framework conditions (Vadineanu, A., 2004). A concept that is compatible with this approach is the model of socio-ecological interaction that has been developed by the Vienna Institute for Social Ecology, which focuses particularly on the analysis of material and energy flows between society and ecosystems and their changes due to socioeconomic and natural factors (Fischer-Kowalski M. & Weisz H. 1999).

- Human-Environment Systems (H-E Systems). This approach, which is strongly influenced by geography, plays an important role particularly in the area of land use research, which in recent times has often been termed “integrated land-change science”. It is based on the assumption that land systems are integrated complex systems, which are the result of interaction between socio-economic components, such as population, economy, institutions, culture, etc., with ecological components, such as soil, water, organisms/biotic communities, biogeochemical cycles, etc. The aim of integrated land systems research is to understand processes of change and vulnerabilities in order to provide scientific foundations for more sustainable forms of land use (GLP 2005, Turner et al 2007).
- ISSE/PPD (Integrated Science for Society and Environment/ Pulse Pressure Dynamics, US-LTER, Collins et al., 2011): The ISSE (or more recently, PPD) model emerged from the US-LTER programme based on a project from the National Science Foundation (NSF) and gives structure to an integrated research programme for socio-ecological research. The central feature of the model concerns the interactions between human awareness, human behaviour and societal institutions and the structure and function of ecosystems. This distinguishes between long-term pressures, or “long-term press” and short-term fluctuations, or “short-term pulse”. Ecosystem services are seen as the result of ecosystem function, which in turn impacts on society. The model also takes account of “external drivers”, such as climate change (see the document “Integrative Science for Society and Environment – A Strategic Research Initiative” www.lternet.edu/decadalplan). The ESI (Ecosystem Service Initiative) of the global LTER network, ILTER, builds upon ISSE, in its attempt to describe socio-ecological systems through a worldwide comparison.

Using these various conceptions as a basis, the conceptual model of society-nature interaction presented in Fig. 7, was developed, encompassing the research areas covered by this White Paper and indicating the interactions between different (regional – global) scales. Process-oriented ecosystem research focuses on researching the function of ecosystems, including their changes as a result of human interventions or the impacts of global change. Biodiversity and nature conservation research concentrates on baseline surveys of the status quo and on changes within species distribution and ecosystems, and also includes socio-economic aspects, particularly when these concern the protection, manifestation and alteration of biodiversity. Socio-ecological research concentrates on the analysis of interactions between socio-economic systems and ecosystems. In all cases, interactions with natural and socio-economic factors at other spatial scales – indicated here by the term “Earth System” – must be taken into account.

Intensive plot at Zöbelboden: © Smidt



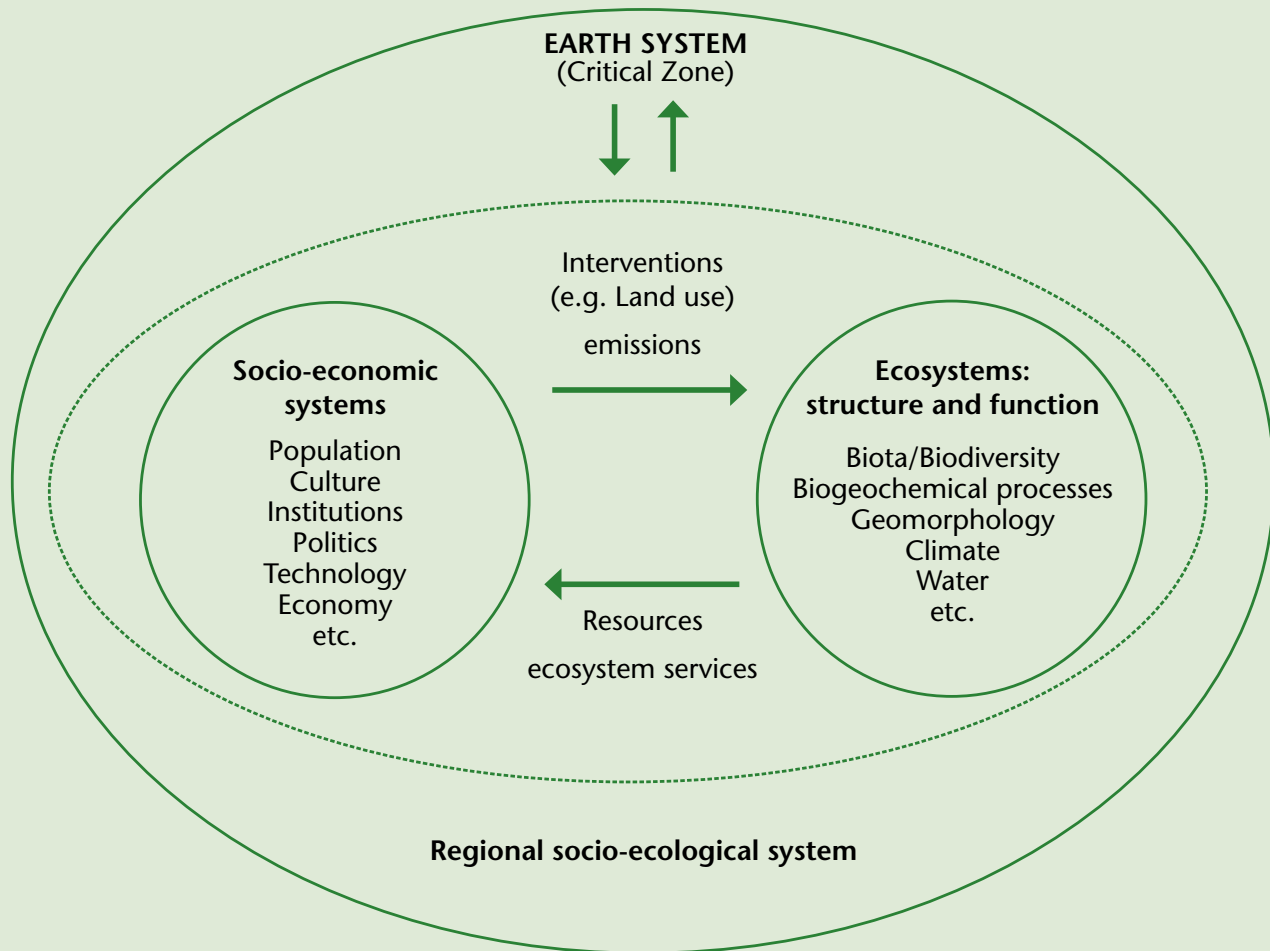


Fig. 7: Concept of society-nature interaction for regional socio-ecological systems, e.g. LTSER Platforms. Created on the basis of Fischer-Kowalski and Weisz, 1999; EEA 2007, GLP 2005 and the ISSE model.

The term “Earth System” was chosen in reference to the “Earth System Science Partnership” (ESSP), since this union of research programmes concerning global change encompasses all the components considered here: Biodiversity (DIVERSITAS), biogeochemical cycles (IGBP), climate (WCRP) and socio-economic aspects (IHDP). More recently, the zone between deep geosphere and stratosphere, where all these occur, has also been named “Critical Zone”.

2.3 STRUCTURE OF THEMATIC AREA CHAPTERS

Each of the three following thematic area chapters follows the basic structure set out in Info-Box 2, to enable comparison between the thematic areas and to facilitate the synopsis (Chapter 7).

Priority research themes

LTER-Austria provides a platform for the development of research projects with high-quality research in the individual thematic areas, which are harmonized as far as possible with the research foci of the other thematic areas (thematic, temporal, spatial, infrastructural and logistic). N.B.: priority research can also refer to methods (in contrast to the next chapter).

Approaches and methods

A description of the approaches and methods (existing tools), which are of key importance for or specific to the thematic area.

Requirements

Focus on those requirements, which are specific to the thematic area.

Products and addressees

Products and addressees of the research results within the thematic area (across all stakeholders).

Networks with other thematic areas

The most important or innovative connecting points respectively to the other two thematic areas.

Info-Box 2: Basic structure for the chapters on the 3 thematic areas of LTER-Austria.

3 PROCESS-ORIENTED ECOSYSTEM RESEARCH (THEMATIC AREA I)

The previous sections have described the special characteristics of this thematic area as a core element of natural sciences and the starting point for the more comprehensive current LTER concept. Despite all the successes to date, many LTER networks and thus also the thematic area of process-oriented ecosystem research have been and continue to be confronted by structural challenges, which a) may be explained by the pronounced “bottom-up” nature of its emergence over recent years, and b) result from the long-term nature of e.g. resources, technology and meta-information, which represents a unique core quality of LTER (ILTER Strategic Plan, 2005).

These include:

(1) the fact that investigation sites have not been selected according to the best available representation of eco-climatic gradients or other such criteria, which would enable the identification of patterns or an “up-scaling” of processes to large spatial units (e.g. regions or continents), but that instead, existing sites must be utilized (LTER Sites are maintained on a voluntary basis and are not (yet) centrally funded).

(2) the fact that the further development of the networks requires a huge effort in terms of coordination, which at European level is only supported by the Network of Excellence ALTER-Net for a fixed term. Ecosystem research must orient itself conceptually not only in relation to the spatial scales and patterns of the processes under investigation but also in relation to temporal aspects. Alongside the frequently investigated short-term to

mid-term processes, ecosystems are impacted strongly by long-term processes, the existence or significance of which is often only recognised or estimated ex post. Examples of this are the hole in the ozone layer over Antarctica or global change. In long-lived ecosystems, such as forests, many processes can only be recorded at all by means of long-term ecosystem research. Since the beginning of formalised forest research at the start of the 19th century, only one or two forest cultivation cycles have taken place within domestic forest ecosystems. Furthermore, the feedbacks of social processes with ecosystem processes usually extend over decades (land use change).

3.1 RESEARCH QUESTIONS

The general aim of this thematic area is to analyse spatial and temporal changes in systems caused by different influencing facts – including climate and land use change – and their impacts upon biogeochemical cycles. The integration of terrestrial and aquatic systems within ecosystems is an important consideration within this research endeavour.

The thematic area of process-oriented ecosystem research examines the impacts of drivers that are external and internal to the system under investigation upon the material cycles within ecosystems.

The following key processes are central to this research area (Fig. 8):

- I. Regulation of primary and secondary production, the removal and accumulation of dead organic material in terrestrial and aquatic ecosystems with particular reference to the problem of greenhouse gases.
- II. Interactions between carbon-, nutrient- and water-cycles in natural and disturbed ecosystems and their feedback effects on the climate system
- III. Impact of spatial-temporal patterns and the intensity of disturbances (such as neobiota, pathogenic pests, droughts, storms, heat waves, etc.) on the stability of biological systems.

Where the formulation of concrete research questions is concerned, it is helpful to sub-divide the questions into four categories: (1) stability and disturbance, (2) interactive effects, (3) feedback effects, and (4) scaling.

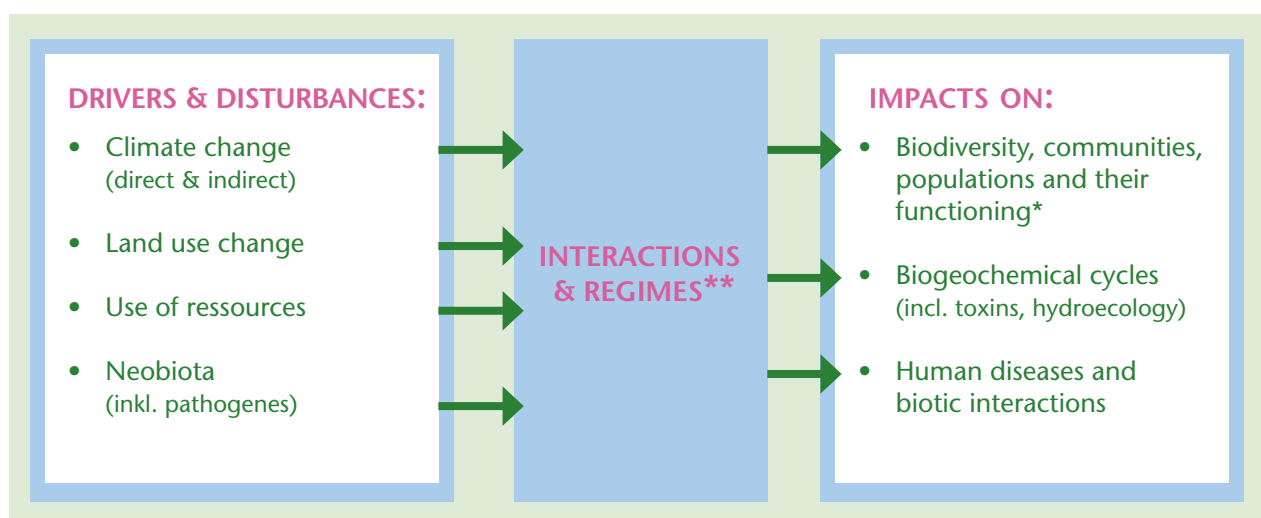


Fig. 8: Overview of and relation between research questions in process-oriented ecosystem research: Drivers and disturbances impact upon a system. They alter interactions within the system or regime (regime = the sum of interactions and specific combinations of drivers). These changes in turn influence the ecosystem and its functions.

(1) Stability and disturbance

Ecosystems are affected by interactive effects on one hand and on the other, are characterized by different degrees of resilience with regard to disturbances. For this reason, the definition of characteristic threshold values at which irreversible changes take place (e.g. degradation through massic erosion in mountain environments), is highly relevant in ecosystem research, since they can have a direct impact upon the degree to which ecosystems can be utilized by human societies. The focus lies particularly with the interactions between disturbances and the effects of such disturbances upon ecosystems. Research questions in this area can include:

- How do climate variability and extreme events (extreme weather events, pest infestation, pathogens, neobiota) affect material flows and the stability of ecosystems? Fig. 1
- How (far) does biodiversity affect the resistance and resilience of ecosystems to/after disturbances?

(2) Interactive effects of explanatory variables upon ecosystem processes

By interactive effects of different explanatory variables on ecosystem processes in space and time, we refer to the reciprocal reinforcement or superimposition of disturbances and their effects on both population dynamics and on the material flows of ecosystems. Of particular interest here are both short- and long-term interactive effects. Concrete research questions within this category include:

- How do disturbances and population dynamics interact in their effect upon material flows within ecosystems in the long term?
- How do interactive effects impact on nutrient inputs and climate changes impact upon primary and secondary production and the removal of organic materials?
- What interactive effects do land use changes and climate changes have upon material flows in ecosystems?
- How do interactive effects of greenhouse gases, pollutants, pathogens and neobiota affect material flows and the stability of ecosystems?

(3) Feedback effects and impacts on socio-ecological systems

Whereas the first two categories of research question are concerned with the processes within an ecosystem, at a larger integration scale, feedback effects and the effects of altered ecosystem processes upon other (especially socio-ecological) systems and thus upon ecosystem services are investigated:

- What impacts do climate change and land use changes have upon the exchange of greenhouse gases between ecosystems and the atmosphere and how does this impact upon global climate change?
- What influence do climate change and land use changes have upon the energy balance of ecosystems and does this in turn have an impact upon radiative forcing?
- What influence do climate change and land use changes have upon the exchange of reactive trace gases between ecosystems and the atmosphere, how does this impact upon regional air quality and what changes in the structure and function of ecosystems thereby arise?
- What impact do climate change and land use have upon the regulation and storage of water in ecosystems?
- To what extent does a potential decrease in water quality lead to increases in the costs of water use?
- What effects do demographic changes and related changes in land use, together with the abandonment of formerly cultivated areas have on the relation of areal evaporation to runoff? How are the stability of ecosystems and the protection of settlement areas from natural hazards influenced by changes in the water balance of catchment areas? How do changes in land use affect drinking water quality? How do processes related to climate change, such as the retreat of glaciers and the creation of aquatic ecosystems, affect water quality?
- What impact does climate variability have upon human pathogens and what influence does it have upon the related societal dynamics and the material flows resulting from these?

(4) Spatial relation (scaling)

All the model research questions presented here have one thing in common: They are applied at different scale levels, or face the challenge of addressing different scale levels. It is characteristic of process-oriented ecosystem



Measuring weir: © Michael Mirtl

research that it is undertaken in small-scale, site-specific units. The question of scalability for the results of such research approaches is therefore a fundamental question for ecosystem process research, which is in itself a subject of research. Possible questions in this area include:

- Do the control parameters for ecosystem processes, such as primary and secondary production or carbon storage in soils, vary according to the scale level?
- How does the interaction between carbon and nitrogen cycles change at different spatial scale levels?

3.2 APPROACHES AND METHODS

Where the research into interactive effects and into stability and disturbances has a rather observational or experimental character, the analysis of research questions in the areas of feedback effects and scaling generally requires modeling approaches in terms of research methodology. The requirements in terms of the methods and approaches that find application in process-oriented ecosystem research vary accordingly.

In the interests of cost-effective and targeted use of resources (“It is not possible to measure and monitor everything, everywhere, all the time”), hypotheses need to be formulated and tested using modeling or exploratory statistics; in turn, this can lead to the development of measurement and monitoring concepts that are new and/or multi-scale in a spatial or temporal sense.

It will be crucial for the future of LTER, to integrate such combined approaches within one site concept. Based on the results and experiences of international LTER research, the next step would be to develop a structured design for LTER-Austria based on a “top-down” approach, which would allow for the later scaling of research results from local through regional to national level and beyond.

In the USA, the infrastructure requirements have led to the development of “top-down” concepts, the most important of which is NEON (National Ecological Observatory Network). NEON has not superseded LTER but instead represents a strong further development from LTER: here a research platform is currently being constructed with the aim of investigating the effects of climate change and changes in land use changes, together with the impact of invasive species upon the ecology of North America as a continental observatory, not as a collection of local or regional sites, and with a stringent methodological design across all research units. The revolutionary aspect of this lies in the administrative structure, which transcends particular interests and envisages dedicated units with the task of recording high-quality data series and able to make these accessible in real time to all interested researchers for analysis and processing – a concept, which incidentally has been a reality within meteorology for a long time already. The only notable criticism of the NEON concept relates to the focus on processes in natural spaces that employs a purely natural science approach.

Process-oriented ecosystem research has a high requirement for continual monitoring of physical and chemical environmental parameters as well as measurement of biotically controlled processes (such as the gas exchange between ecosystems and the atmosphere). The measurement methods used require a great deal in terms of scientific infrastructure and high-performance cyber infrastructure. This requirement increases where such monitoring activities employ greater automatisisation and higher temporal resolution.

3.3 REQUIREMENTS

To give momentum to the spatial optimization of the design of LTER-Austria (research sites), the network needs to be able to function over the long-term. This requires management and administrative restructuring as an internationally established research cluster, in which context the international framework is currently more highly developed than the complementary structure at national level. Given the relatively high fluctuation in terms of scientific research staff at universities and the predominance of third-party funding for university research, these are less well-suited for long-term management roles.

The central coordinating body of LTER-Austria and project management should therefore be established within an institution such as the BFW or UBA. Establishing an appropriate structure for the management of data and research within the network is a critically important task, in the context of which standards and tools from the international context (ESFRI/LifeWatch, ILTER, LTER-Europe, INSPIRE, EML) could be made use of via a national coordinating body.

Considerations of needs related to the thematic area of “Process-oriented ecosystem research” regarding the structure of the network provide the basis for the suggested overall structure, which is presented in the synthesis chapter 7.3.1 on “Strategic Organisation” on p. 52. This organisation and its functions should thus be seen as core requirements of the thematic area.

3.4 PRODUCTS AND ADDRESSEES

The products of this thematic area within LTER-Austria are responses to the research questions presented above. In the area of process-oriented ecosystem research, this relates in the first instance to data collected via high resolution measurements and analysed both in terms of the potential for reconstructing past events and in order to estimate possible future developments. This means that in this thematic area, particular significance is assigned to the way in which data is processed.

We therefore recommend that a National Centre for Ecological Data Analysis should be established, which, supported by the data of LT(S)ER Austria and the expertise of participating scientists,

- (1) effectively prepares and provides access to data for users from the social and political realms and the scientific community, and
- (2) is also able to respond to enquiries from politically relevant bodies, agencies or interest groups and other stakeholders and, where feasible, to supply science-based frameworks for planning and decision making.

3.5 NETWORKING WITH OTHER THEMATIC AREAS

Fundamentally, current issues such as global change require networked collaboration between expert groups working on a multidisciplinary basis (EPBRS, 2010). In the area of long-term ecosystem research, LTER offers an excellent framework in terms of its research regions and platforms for the development of transdisciplinary cooperation. Interdisciplinary cooperation is characterised by the high scientific standards within the LTER network, particularly through efficient information transfer between the research teams and optimized communication within a scientific “Community of Excellence”.

Significant networking aspects for biodiversity and nature conservation research and for socioeconomic approaches (LTSER) are envisaged in the area of research into the functional biodiversity of ecosystems.

Where all sub-areas of this field of research are concerned, this involves on one hand an understanding of processes and on the other, the evaluation of ecosystem functions with regard to ecosystem services (ESS), which encompass auxiliary, supply-related, regulatory and cultural services (Millennium Ecosystem Assessment 2005). The great challenges of the present and the near future (sustainable supply of raw materials, water, food, and energy, health and leisure) require the networking and coordination of the research areas, since there are points of conflict in many fields, e.g. potentially between biodiversity and/or climate adaption measures (competing land use interests), which ultimately also lead to a consideration of values or to political discussions. In such cases, only effectively networked research can deliver a well-founded basis for decision making.

4 BIODIVERSITY RESEARCH AND CONSERVATION BIOLOGY (THEMATIC AREA II)

Natural ecosystems provide a wealth of services that are useful, or even critical to humans (Daily, 1997; MEA, 2003). Biodiversity, while being of intrinsic value per se, is meant to be a system property crucial to the provision of many of these services (Kremen, 2005; Luck et al., 2003). However, the link between diversity, ecosystem function and ecosystem services is complex and multi-layered (Hooper et al., 2005, Mace et al., 2012). Given the many threats to the future of biodiversity (Ehrlich & Pringle, 2008; Sutherland et al., 2014; Tittensor et al., 2014), our limited knowledge of how human uses depend on and influence biodiversity is particularly alarming. Developing an agenda that links biodiversity research to socio-ecology in general, and to the study of ecosystem service provision and resource management in particular is hence an urgent issue.

The European Commission recognized the importance of biodiversity and the ecosystem services it provides and states in its “biodiversity strategy to 2020” that by 2050 biodiversity and ecosystem services are protected, valued and appropriately restored for biodiversity's intrinsic value and for their essential contribution to human wellbeing and economic prosperity (COM, 2011). By 2020, biodiversity loss should be halted and ecosystem services should be restored so far as feasible, and six targets and twenty actions were defined in an action framework for 2010-2020 (COM, 2011). The European Platform for Biodiversity Strategies (EPBRS) compiled a research strategy (EBPRS, 2010) and defined research priorities (EPBRS, 2013) that support the implementation of the six targets of the EU Biodiversity Strategy 2020. However, it is clear that additional efforts are required to meet the actual policy targets and to halt biodiversity loss (Tittensor et al., 2014).

In December 2014, the “Austrian Biodiversity Strategy 2020+” (BMLFUW, 2014) was published. It underpins the importance of biodiversity and nature protection in Austria. In particular the recommended measures in the field of biodiversity research and monitoring (target 2) are ideally suited for implementation by biodiversity research within LTER-Austria.

In compliance with the requirements above, we hereby present a research framework for Austrian biodiversity research under the umbrella of the Long-term Ecosystem Research (LTER) network (Mirtl, 2010; Mirtl et al., 2010). We elaborate research recommendations for the topics conservation of species and habitats, structural changes, and adaptation to climate change, and for the development of new methodological approaches. We further discuss institutional requirements for achieving a successful, efficient and competitive biodiversity research in Austria. We address the products of such research and their users as well as interlinks with the other thematic areas of LTER, namely process-oriented ecosystem research and socio-ecological research.



Lake Lunz: © Günther Eisenkölb

4.1 PRIORITY RESEARCH THEMES

Biodiversity research in the context of LTER is conducted over long periods of time, considers the full range of relevant scales, and/or relies on the LTER in situ infrastructure (Dirnböck et al., 2013). The biodiversity research priorities presented here are based on several strategic documents targeting the Austrian and the European level. We used only strategic documents, which had been compiled by a wide range of scientists and stakeholders to guarantee the integration of the breadth of the national research communities' priorities. The Austrian perspective is provided by documents compiled at the national level, such as the Hardegger Declaration ("Hardegger Erklärung"), which was elaborated at the kick-off meeting of the Austrian Platform for Biodiversity Research (Plattform Biodiversität Forschung Austria – BDFA) and signed by 172 Austrians active in the field of biodiversity research and management. We also considered a survey on the prioritization of issues in Austrian biodiversity research, which was conducted by the BDFA (Platform for Biodiversity Research in Austria, 2008), and was based on a British shortlist of the 100 most politically relevant ecological questions (Sutherland et al., 2006). In addition, the members of the conservation platform at the Federal Environment Agency – mainly including representatives of administrative bodies, NGOs, and businesses – were questioned. We focused on research that is of utmost importance taking the Austrian biophysical conditions and land use patterns into account, i.e. high importance of mountains, forests, freshwater and agricultural ecosystems. As the Austrian biodiversity research priorities are strongly linked to the European research agenda, we included the European perspective which is provided by several strategic documents elaborated by the EPBRS; this especially applies to "Mountain Biodiversity" (EPBRS, 2006), "Biodiversity in the Wider Countryside" (EPBRS, 2007a), "Biodiversity and Ecosystem Services" (EPBRS, 2007b) and "Freshwater Biodiversity" (EPBRS, 2008), being of particular relevance for the most important Austrian ecosystems. Consideration was also given to the EPBRS recommendations regarding ecosystem services (EPBRS, 2011) and to the EPBRS Biodiversity Research Strategy 2010-2020 (EPBRS, 2010), which calls for a strong focus on research areas that generate the knowledge necessary to fulfil the political goals of

- (I) ensuring the long-term survival of species in their habitats, their genetic diversity, and the ecological integrity and functionality of habitats and ecosystems,
- (II) adapting to global change (including climate change),
- (III) ensuring the long-term provision of ecosystem services,
- (IV) contributing to meeting other challenges such as water, food, and energy supply, population growth, and human health.

More recently, the EPBRS gathered under the Irish presidency to define research priorities that support the implementation of the six targets of the EU Biodiversity Strategy 2020. Several key research issues are matching perfectly with the LTER approach. Research is needed to (cf. EPBRS, 2013):

- (I) build and improve the network of sites across Europe to test different monitoring techniques to determine which are most cost-effective and on procedures to validate criteria and thresholds using monitoring data in support of target 1 that is dealing with the full implementation of the birds and habitats directive;
- (II) further develop methods and instruments for managing human interactions with ecological systems, taking better account of complex and non-linear dynamic processes in support of target 2 on maintaining and restoring ecosystems and their services;
- (III) assess the effectiveness of measures taken to conserve biodiversity and ensure sustainable use of ecosystem services and to develop new measures, including restoration and intervention measures in support of target 3 on increasing the contribution of agriculture and forestry to maintaining and enhancing biodiversity;
- (IV) understand long-distance cause-effect relations over time in support of target 5 on combating invasive alien species, and
- (V) explore the role of the biodiversity component in global change mitigation and adaptation strategies in support of target 6 on helping avert global biodiversity loss.

4.1.1 CONSERVATION OF SPECIES AND HABITATS

This topic covers research on one or more species or habitats and their interactions with ecosystem processes. LTER allows for a close alignment of biodiversity research and traditional ecosystem research, which primarily focuses on energy and material flows. Studies about utilization and conservation of biodiversity as well as on the consequences of changes in land use are of particular importance. LTER Austria is an optimal frame to provide answers to research questions such as: To what extent does Austria meet a given set of goals, e.g. halting the loss of species, protecting endangered populations, protecting habitats and species despite climate change and land use change? What is the entire distribution of FFH-species and habitats in Austria (guideline 92/43/EWG)? What measures are necessary to protect rare/endangered/endemic species and their populations? What is the adaptive potential of FFH species/habitats to ongoing changes? What are the consequences of the various forms of land use on the conservation of biodiversity? What are the impacts of climate change on biodiversity, endangered and/or endemic species, on diversity of habitats? What is the impact of EU regulations and how can land use management be optimized in terms of biodiversity and ecosystem services? To what extent do individual forms of land management, such as farming, forestry, hunting and fishing, affect endangered populations?

Of the research recommendations made by EPBRS, those relating to mountain and freshwater biodiversity are most relevant for biodiversity research at LTER Austria (cf. EPBRS, 2006, 2008). Of particular interest are:

- a better understanding of the role of genetic, species, ecosystem and landscape diversity for ecosystem dynamics, functions, and services;
- the coupling of research and long-term monitoring to assess the status, patterns and drivers of biodiversity at multiple scales;
- the definition of favourable states for habitats and populations and the identification of reference states for ecosystems evaluating and taking into account ecosystem services;
- the definition of criteria, indicators, methods and processes for efficient conservation and sustainable management of biodiversity under climate change/land use pressure;
- the knowledge of species' and habitat's adaptive ability to changed climate and/or land use;
- assessment of status and distribution of little-studied, ecologically important, or endangered taxa, FFH taxa, habitats, and ecosystems, including sensitivity analyses, and risk assessment;
- a better understanding of the functioning and role of soil biodiversity and subterranean freshwater biodiversity, especially as they relate to ecosystem services.

For this topic, we want to exemplify recent studies conducted at Austrian LTER Sites. They deliver insights about the role of diversity for ecosystem dynamics, functions, and services dealing with under-researched habitats (e.g. Fontana et al. 2014) and endemic or cryptic species (Rinnhofer et al. 2012; Arthofer et al. 2013). They also demonstrate the unique opportunities to investigate biodiversity and ecosystem processes under extreme environmental conditions such as terrestrial food webs (König et al., 2011; Raso et al., 2014) seed dormancy, establishment and traits (Cichini, et al. 2011; Erschbamer and Mayer, 2011; Marcante et al., 2009a, b, 2012; Schwienbacher et al., 2011a,b; see also Mayer and Erschbamer, 2011, 2014) in glacier foreland and vegetation/snowcover relationships at the upper limit of the alpine vegetation (Gottfried et al. 2011).

Biodiversity research in the Seewinkel area (Eastern Austria) investigates bryophytes (Zechmeister, 2004, 2005), spiders (Zulka et al., 1997), dragonflies (Benken & Raab, 2008), and zoobenthos and - plankton (Metz & Forro, 1991; Wolfram et al., 1999; Zimmermann-Timm Herzig, 2006) under the extreme conditions of salt pans and salt meadows. Recent biodiversity research in lakes of the high alps deals with the effects of radiation on bacteria (Hörtnagl et al., 2011; Pérez et al., 2011; Sonntag et al., 2011) and of temperature and nutrients on phytoplankton (Thies et al. 2012; Tolotti et al., 2012). Current research foci in the lakes of the alpine foreland are for instance dealing with genetics, ecology, and population dynamics of European Whitefish (*Coregonus lavaretus* L. complex) including exploited and endangered species (Pamminger-Lahnsteiner, 2011; Winkler, 2011; Pamminger-Lahnsteiner et al., 2012; Wanzenböck et al., 2012).

4.1.2 ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

The interactions between organisms and biotic communities with the main driving forces of global change are of particular interest and the scatteredness of related knowledge requires more targeted research to guide effective conservation measures. Ideally, experimental and observational studies on ecosystem functioning should be nested in the long-term monitoring schemes, which document changes of biodiversity and the environment over longer timeframes (Dirnböck et al., 2013, 2014). This is especially true when it comes to climate change, climate policy and climate change mitigation and adaptation measures, a set of research topics that was specified as particularly important by the Austrian biodiversity researchers (Platform for Biodiversity Research in Austria, 2008). Climate change mitigation and adaptation measures are currently implemented in agriculture, forestry, energy production and tourism. In view of the potentially severe effects of climate change in high mountain ecosystems (Engler et al., 2011), research in high-alpine territory is particularly important for LTER Austria (Dirnböck et al., 2011; Gottfried et al., 2012; Pauli et al., 2012). Austria coordinates the global project GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments), a long-term assessment of changes in high altitudes (multi-summit approach, Pauli et al. 2001, 2004; Gottfried et al. 2012) and provides methodological know-how.

The following topics are suggested for LTER Austria:

- Risk assessment of high altitude species and vegetation
- Assessment of migration tendencies of lowland species and migration potential of high-altitude species
- Investigations of the adaptive potential of species involved in migration processes
- Assessment of indicator species (considering all organisms) for climate changes processes
- A special focus should also be given to the long-term effects of global change on biotic communities such as extinction debt and invasion debt (Essl et al., 2011; Dullinger et al., 2013), which represent both a hidden threat and an opportunity for timely countermeasures.

4.1.3 STRUCTURAL CHANGES

Structural changes of ecosystems have been massively accelerated by industrialization, land use change, habitat loss and fragmentation, and increased human mobility. The latter factor is the main driver of the spread of invasive non-native species (Pyšek et al., 2010; Essl et al., 2011). The progressive loss of traditional landscape structures drives a massive crisis of farmland biodiversity that will probably not be completely realized until several decades into the future (Kuussaari et al., 2009). This opens a window of opportunity for rapid rethinking and the development of sustainable forms of utilization. Higher altitudes in the Alps still harbour many natural habitats. In the lowlands, natural and semi-natural habitats, which are important for biodiversity conservation (e.g. dry grasslands, meadows, pastures, old-growth deciduous forests, and riverine areas) occur currently mainly as fragmented remnants of often an unfavorable status. Thus, studies related to cultural landscapes, landscape fragmentation and ecological corridors are required (Kreiner et al., 2012; Kuttner et al., 2013). Core research areas should include the effects of agriculture policies and changes in land use (intensification, but also land abandonment and subsequent afforestation of traditional cultural landscapes) on the species richness and composition of ecological communities (Wrbka et al., 2008; Prévosto et al. 2011), the soil, and the vegetation structure. The use of genetically modified organisms and associated risks for the ecosystem should also be an essential focus of future research (e.g. Pascher & Gollmann, 1999; Pascher et al., 2011).

The following topics were recommended as research themes by EPBRS (2007a, 2008) and should be considered at LTER Austria biodiversity research:

- the importance of landscape structures, patterns and gradients for biodiversity across different scales;
- the role of refugia in maintaining the long-term adaptive and evolutionary capacities
- invasiveness of plant communities and risk assessment
- dispersal and impact of neobiota
- effects of demographic, social, and economic trends, and of EU policies and their national implementation on biodiversity;

- indirect effects of climate changes on biodiversity (e.g. biofuel production);
- improving agri-environmental schemes so that they deliver more measurable positive impacts for biodiversity; and
- risks of genetically modified organisms for ecosystems.

4.2 APPROACHES AND METHODS

In view of progressive soil sealing, eutrophication, increasing energy consumption and the generally reckless use of limited resources, biodiversity and conservation research has expanded its focus from the protection of species to the conservation, or indeed the restoration, of biotopes (habitat conservation) and to securing natural processes (process conservation). The most important approaches in biodiversity and conservation research in the framework of LTER are:

- collection of biodiversity data (e.g. mapping)
- long-term (biodiversity) monitoring
- research on multiple spatial and temporal scales
- techniques for genetic analysis
- experimental approaches
- remote sensing (evaluation of satellite and aerial images, infrared and radar technology)
- ecological modeling (geographic information processing, ecoinformatics, etc.)
- ecological indicators
- data management (internet infrastructure, online databases, public reporting systems, progressive plausibility checks and data evaluation)
- inter- and transdisciplinarity

Within the framework of the “Hardegger Erklärung zur österreichischen Biodiversitätsforschung” 2008 (Platform for Biodiversity Research in Austria, 2008), the following three questions on methods were prioritised (compare also EPBRS, 2010, 2013):

- What are the most effective strategies and methods to assess, conserve, restore and sustainably use biological diversity?
- How do methods for evaluating the function of biodiversity in ecosystems need to be improved to capture its importance in supporting ecosystem services crucial for human wellbeing?
- How do biodiversity indicators and monitoring systems need to be improved to identify and prospectively assess the interaction between biological diversity and the drivers of global change?

4.2.1 APPROACHES FOR CONSERVATION AND SUSTAINABLE USE OF BIODIVERSITY

To conserve habitats and species in the long term, we have to increasingly address syn-ecological aspects and studies on population and meta-population levels. In this context, the methodological question of choosing the “right” spatial and temporal scale is of crucial importance for the design of new concepts of conservation and sustainability (Dirnböck et al., 2013). Long time series of biodiversity data are prerequisites for answering all kind of research questions dealing with environmental change. Good data coverage also increases the precision of ecological models used for interpolation of biodiversity data (Elith et al., 2006; Guisan & Thuiller, 2005) aiming for instance at detecting changes of the composition of communities and population trends. The longer the units of observation (time series) and the greater the precision of models, the easier it is to find trends in slow, episodic or irregular processes.

The human use of ecosystems is omnipresent. LTSE Platforms (Mirtl et al., 2010; Singh et al., 2010) provide an optimal infrastructure for research that links biophysical processes to governance and communication, consider patterns and processes across several spatial and temporal scales, combines data from in-situ measurements with



Meadow with narcissi: © Maria Deweis

statistical data, cadastral surveys, and soft knowledge from the humanities (Haberl et al., 2006, Tappeiner et al. 2013). The inclusion of society into the existing research infrastructure facilitates transdisciplinary approaches. These approaches, including knowledge of stakeholders as constitutive elements of the research, are crucial when the research focus lies on the indirect drivers of biodiversity loss (Balian et al., 2011; EPBRS, 2010, 2011), or when the gap between science (e.g. conservation planning and research based conservation recommendations) and action (e.g. implementation of conservation actions) should be bridged (Reyes et al., 2010; Schindler et al., 2011). They are also indispensable for the restoration of the ecological integrity of traditional cultural landscapes (EPBRS, 2013). While LTSER Platforms provide ideal infrastructure for regional case studies, particularly in the context of transdisciplinary research (Singh et al., 2013), LTER Sites may serve as a pool for long-term monitoring data and sites for experimental approaches. Stakeholder involvement can also be of advantage when defining conservation priorities. For this purpose, transnational conservation initiatives such as the European Habitat and Birds Directives as well as biodiversity-related multilateral environmental agreements have to be innovatively applied (Mauerhofer, 2010, 2011) along with local or national assessments (e.g. national red lists, assessment of global conservation responsibilities).

4.2.2 INDICATORS

Indicators simplify, quantify, and communicate information on ecosystem processes that are too complex to be measured directly (Hammond et al., 1995). Biodiversity and sustainability in their entirety require very complex methods of measurement, which is why indicators are usually applied (Walpole et al., 2009; Tittensor et al. 2014). The indicators that are most relevant in terms of environmental policy are those that are easy to survey, efficient, cost-effective, sensitive to processes of change and robust against other influences (e.g. Dirnböck et al., 2014; EEA, 2007; Gottfried et al., 2012; Gregory et al., 2009; Pauli et al., 2012; Schindler et al., 2013; Tasser et al., 2008). Frequently, environmental indicators are related to habitat and species diversity, land use and land cover, and invasive species. The development of standardized methods to harmonize and supplement indicators for biodiversity as well as for its driving forces and the causes of endangerment is a European biodiversity research focus (EPBRS, 2007a). Even well established indicators, such as the IUCN Red List Index, can undermine their own indicator performance as conservation actions become targeted towards Red List species (Newton, 2011).

To ensure that naturally species-poor habitats (e.g. mires or acidic beech forests) are adequately represented, the contribution of such areas to overall biodiversity must be considered. Current indicators of species diversity have to be expanded towards genetic diversity and ecosystem diversity (Walpole et al., 2009), and multi-taxa approaches are required to assess indicator performance in a robust way (Schindler et al., 2013). Due to long time series, simultaneous in-situ data of environmental and human pressures and its effects and integrative approaches, LTER Austria provides an outstanding opportunity for testing and improving indicators for biodiversity and for taking better into account complex and non-linear dynamic processes (cf. EBRPS, 2013). For instance, Nitrogen deposition that exceeds habitat-specific empirical critical loads for eutrophication effects, was recently established as useful indicators for the sensitivity of forest floor vegetation to N deposition (Dirnböck et al., 2014). LTER Austria also provides the opportunity to obtain time series for indicator taxa to determine the impact of long-range air pollution on coverage, diversity and community composition of lichens (Mayer et al., 2013) bryophytes (Zechmeister et al., 2007) and forest floor vegetation (Hülber et al., 2008; Dirnböck et al., 2014). Recent studies at the LTER Site Zöbelboden also uncovered the direct effects of air pollution on tree recruitment (Pröll et al., 2011), as well as its indirect effects, mediated by nitrogen-dependent patterns in forest understoreys (Diwold et al., 2010).

4.2.3 ECOSYSTEM FUNCTIONS AND SERVICES

The concept of ecosystem functions and services (Costanza et al., 1997; De Groot et al., 2002; MEA, 2003; TEEB, 2010) has been increasingly employed during recent years, since it facilitates an approach to evaluating the importance of intact ecosystems for humans. Flexible and hierarchical classification systems for ecosystem services have been recently developed and applied (Haines-Young & Potschin, 2013; Maes et al., 2013; Schindler et al., 2014). The contribution of biodiversity to ecosystem services and the influence of drivers and pressures on conservation and use of ecosystems are research aspects of particular importance (Kremen, 2005; EPBRS, 2007b, 2011; Mace et al., 2012). Austrian LTER Sites are particularly suitable for investigating ecosystem services related to forest biodiversity, alpine biodiversity, and dynamic habitats such as avalanche tracks and natural rivers. Recent studies at the LTER Site Stubai examined for instance the relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services (Grigulis et al. 2013), as well as the impacts of agricultural activities and climate change on multiple ecosystem services delivery from past to future (Schirpke et al., 2013).

The following research recommendations regarding ecosystem services adopted by EPBRS (2011) are specifically relevant in the context of Austrian biodiversity research in the frame of LTER:

- Understand the ecological, economic and social aspects of the multiplicity of ecosystem services, identify trade-offs and synergies occurring between services, and develop management mechanisms and innovative uses;
- Identify and characterize linear and non-linear social and ecological dynamics and their interactions, to foster ecosystem service resilience;
- Improve existing and develop innovative management techniques to reduce or eliminate drivers of dangerous change in ecosystem services or disservices such as biological invasions, chemical pollution including pharmaceuticals, and eutrophication;
- Assess the impacts on ecosystem services of novel or emerging pressures, such as alternative energy production, abrupt changes in management regimes in an oil-constrained world, and pollution by light and noise, nano-particles and micro-plastics;
- Better understand the disruption of ecosystem services, at various scales in time and space, caused by natural and anthropogenic drivers operating through phenomena such as mismatch in processes related to phenology, trophic interactions, and migration;
- Take into account uncertainty, complexity, and all relevant knowledge including local and traditional knowledge, in developing tools and methods to support the integration of ecosystem services into management and decision making in public and private sectors;
- Understand and evaluate ecosystem services provided by poorly known ecosystems such as glaciers, groundwater, and aquatic microbial communities;
- Identify the main threats to soil biodiversity (including to specific functional groups) and quantify their impacts on ecosystem processes and services;

4.3 REQUIREMENTS

4.3.1 STRUCTURAL REQUIREMENTS

Concerted research efforts on biodiversity are crucial for developing an evidence base that enables informed environmental decision making. Therefore, a research strategy founded upon a general consensus of the Austrian research community and approved at an international level is of great importance. To further strengthen research efforts, an even more efficient network of existing research facilities, initiatives, nature reserves and conservation programmes is needed. A close connection to European and international ecosystem research (e.g. LTER-Europe) is desirable; education in schools and universities must be encouraged and research institutions such as museums or universities and research sites such as National Parks or Wilderness Areas need increased long-term financing. Cooperation and communication between science and the interested public need to be specifically promoted (EPBRS, 2013).

4.3.2 INSTITUTIONAL REQUIREMENTS

Implementing the above-mentioned structural requirements implies institutional changes. Within the framework of the EPBRS biodiversity research strategy 2010-2020, five fields are presented for developing the research environment that is needed (EPBRS, 2010):

- continuous identification, revision and “horizon scanning” (i.e. wide, interdisciplinary early recognition of future developments; cf. Sutherland et al., 2014) of research foci;
- support of European and international platforms (e.g. GEO Bon, ILTER, GBIF, Biodiversity-Knowledge) and projects (e.g. GLORIA);
- increasing capacity through general and advanced education;
- creation of links between research and politics (e.g. via the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – IPBES); and
- regular evaluation of European biodiversity research with particular reference to its practicability and the applicability of research findings.

From the Austrian research community’s point of view, highest priority should be given to a better access to biodiversity-relevant information and databases (e.g. geodata, environmental data, biodiversity data), long-term nature and continuity of research networks and projects, integration and networking with international biodiversity research and related initiatives, and improved access to research funding (Platform for Biodiversity Research in Austria, 2008). A central data collection hub that is easily accessible for LTER researchers, the “Data Center for Biodiversity and Conservation Research”, is to function as an infrastructural institution in support of research activities and as such is seen as a vital prerequisite for improving the quality of research. Another key factor is ensuring the long-term support of existing institutions contributing to biodiversity and conservation research (e.g. research institutes, museums and collections, nature reserves,) as well as access to the data stored at these facilities. A consensual approach to the establishment of future research foci also seems to be of particular importance. This is where the concept of LTER comes into play, without which it would be almost impossible for particular LTER Sites to manage data in a competent way, i.e. linked and made accessible to individual research groups.

The international LTER network offers the advantage of access to international data collections related to sites, where a wide range of potential drivers of biodiversity are measured simultaneously. As a first step, it provides meta-information on the existence of data sets and their holders and supports Austrian research teams to disseminate and promote studies and data – a fact that is highly relevant with respect to acquiring European research funding. Mapping the research foci seems to be imperative and would give funding bodies a better overview of the entire research landscape. The current attempt to organize European research infrastructures alongside pressing research topics such as climate change and biodiversity loss forms a major step in this direction. The plan is that research infrastructures and programmes should become more explicit in how they tackle these research topics and that they specify the related measurements, parameters, activities and handover points with other infrastructures (see chapter 6 and specifically Fig. 12).

In this context, the ESFRI project LifeWatch is of high relevance (www.lifewatch.eu). It links “resources” (elements producing biodiversity related data like LTER Sites or collections) with the scientific users of such resources by supporting data mining, access and workflows related to complex analyses. LTER-Europe represents complementary in-situ components to the supporting and e-Infrastructure LifeWatch (see chapter 6). LTER and LifeWatch are closely co-operating (e.g. H2020 proposal “eLTER”) on the basis of a formal Memorandum of Co-operation (see annex chapter 8.4). Communities as well as national organisations engaged in LTER-Europe and LifeWatch are highly overlapping in about 50% of all LifeWatch countries, securing efficient lobbying and maximum use of synergies. In Austria a national LifeWatch strategy has been developed (Mirtl et al., 2011), integrating LTER-Austria, the BDFA and the Austrian Biodiversity Documentation (museums and collections organized as national GBIF consortium). In the context of developing a national ESFRI Roadmap in the field of environmental research with LTER as the central pool for in-situ infrastructures, LifeWatch will be an important functional component.



Grid frame for sampling: © Michael Mirtl

4.4 PRODUCTS AND USERS

The driving forces of global change force public officials and conservation bodies to deal with complex questions, such as “Where do conservation measures make sense from an ecological and economic standpoint?” or “On which spatial scale are they likely to provide most positive results?” The more precisely it is possible to assess future developments, the easier it is to successfully counteract undesirable developments. Reflecting the wide spectrum of involved expertise, the range of results from biodiversity and conservation research is immensely varied. Their products should be made available to the research community, but should also serve policy makers and society as a basis for future planning and decision-making. Precisely because of the many interfaces between them and the various land use sectors, agriculture, forestry and recreational industries, the transdisciplinary results of biodiversity and conservation research provide practical approaches to the sustainable exploitation of traditionally used resources. Decision-makers and in many cases the custodians of essential goods (e.g. water) are thus direct beneficiaries.

4.5 NETWORKING

It must be clearly stated that monodisciplinary basic research on at all levels of biodiversity (genetic, species, ecosystem diversity) is still required. However, many research topics related to biodiversity and its conservation require multidisciplinary research teams (EPBRS, 2010). The LTER network is beneficial for networking Austrian biodiversity research, because it provides the option to link (I) different sites with different ecological conditions for answering biodiversity research questions at the broader scale, (II) biodiversity research to socio-ecological and socio-economic research at the LTER Platforms, and (III) Austrian biodiversity research with partners at LTER Europe and global partners at ILTER.

Many issues in biodiversity research, particularly when dealing with conservation biology, have to be considered in a multidisciplinary way. Biodiversity research is thus often strongly linked to the other columns on ecosystem processes and socio-ecology. The Austrian Biodiversity Research Platform (BDFA) was inaugurated in 2008 to network the Austrian Biodiversity Research Community, and to link with international activities, funding agencies, political decision makers on environmental issues and the wider public (BDFA, 2008). However, funding ceased in 2010 and the platform strongly decreased its activities. New broad biodiversity initiatives are currently emerging in Austria (e.g. Austrian Barcode of Life) but do not aim at fulfilling the network functions supposed to be covered by BDFA. Thus, Austria is far from a situation such as in Belgium, Switzerland or Germany, where Biodiversity Platforms play an active and import role in the biodiversity research community, which is turn is well connected to other research disciplines, policy makers and the wider society.

LTER might play an even stronger role in this context as it offers excellent conditions for transdisciplinary cooperation at its research sites and platforms. As a result, funds can be assigned to specific research foci in a targeted way in spite of cost-cutting measures for environmental budgets. Interdisciplinary cooperation is characterized at a high scientific standard within the LTER network especially by the efficient transfer of information between research teams. A crucial factor is the increase in the potential for synergies, which are more easily identifiable, also for funding providers, due to the improved coordination between scientific disciplines within the framework of LTER.

5 SOCIO-ECOLOGICAL RESEARCH, LTSER (THEMATIC AREA III)

5.1 DEFINITION AND THEMATIC AREA

The rapid pace of environmental changes in the context of global change calls for responses that have a sound scientific basis. This requires research into causes and processes as well as the development of information and monitoring systems.

Since global change has long-term impacts, short-term research projects can only deliver inadequate answers. Monodisciplinary approaches are equally unsatisfactory. Human-environment systems can only be recorded and understood using a multidisciplinary approach. This involves capturing the complex interaction of physical-chemical, biological and sociocultural (or social and cultural) processes, in which context humans are both the responsible and the affected parties and yet may also be the creators (Steffen et al. 2002). Equally, solutions and adaptation strategies require a comprehensive approach, which takes account of the interrelations between society and the biotic and abiotic components of the Earth System and of its development to date and into the future. Environmental phenomena must be seen as complex societal problems and not as purely natural occurrences (Ehlers 2008).

Such knowledge is needed to support society, politics and economics in forging sustainable development pathways for the long term. Sustainability is seen as a policy objective to avoid placing the ecological basis of life at risk, avoiding social conflicts and to create economic stability. Sustainability is thus a strategy that serves to secure the basis of life for future generations. Among others, this includes ensuring that the capability of the ecosystem to provide the services required by society ("ecosystem services") is continually maintained. In this sense, sustainability must be seen as a dynamic concept (Haberl et al. 2004). Research that is dedicated to this paradigm must therefore be conceived as integrative, inter- and transdisciplinary and long-term (cf. Kates et al. 2001; Parris & Kates 2003a; Parris & Kates 2003b; Turner et al. 2003a). The LTSER programme enables such a conception for the future.

Long-term ecological research (LTER) needs to be expanded to include socioeconomic dimensions, if it is to create understanding of the interactions between economic, on the one hand, and ecological factors on the other in human-environment systems (Redman et al. 2004; Singh et al. 2013). Social ecology is understood as the science of societal relations with nature (Becker & Jahn 2006) and of the interactions between society and nature (cf. E.g. Fischer-Kowalski & Erb 2006). The interrelation between socioeconomic activity and the natural environment is also central to "sustainability science", in which society and nature exert mutual influence upon one another as a coupled system (Kates et al. 2001). The challenge facing research lies in understanding these non-linear, complex and self-organising systems and deriving appropriate solutions (WBGU 2007). Such an approach may be defined as socio-ecological, integrative and fundamental as well as being site- and regionally specific (Gallopin 2002). These are requirements which the research in LTSER platforms must comply with in full (Mirtl et al. 2013).

Six socio-ecological core areas of research can be defined (cf. Haberl et al. 2006). These must be sufficiently flexible in their design that they allow for modifications in order to adapt to the constantly evolving overall conditions of global change. These are:

- **Biophysical (material and energetic) interactions between society and ecosystems.**
The long-term development of socioeconomic systems is determined by the functional services of ecosystems and the human utilization adapted to these. The research of the material and energy flows which society requires in order to maintain its biophysical structures ("social metabolism") holds great relevance (Haberl et al. 2013a, b). The long-term development potentials of the system are influenced both by the quantitative dimensions of material and energetic interactions and by qualitative changes – such as chemical transformations or genetic modifications. Research of long-term processes and their interactions with processes at other scales provide the basic prerequisites for the development of long-term strategies for action and adaptation in the socioeconomic system.

- **Cultivated landscape research.** The natural potential of ecosystems provides the context for its valorisation by individuals and societies. These are subject to continually changing demands, which in turn originate from technological, economic, cultural and political conditions, and which have a decisive impact upon land use. Domestic and international economic interlinkages constitute further influencing factors. These too are subject to continual change. Current cultivated and riverine landscapes thus to some extent reflect the overall ecological conditions, which may be used but also affected by process developments in economy and society, leading to structural changes in the landscape. Finally, the cultivated landscape of the present day can only ever represent a “transitional stage”. Its dynamic emerges through the interplay of natural and anthropogenic factors, in which socioeconomic changes alter nature and ecosystems and vice versa (Wrbka et al. 2004). Just as cultivated landscapes have changed throughout history, they will also be transformed into the future.
- **Communication and action research.** Theories of action deliver new approaches for the analysis of courses of action and their consequences. They ensure that actors and actions, which make stabilizing or disruptive interventions in ecosystems can be identified. Knowledge of such action or communication processes is necessary for the identification of unsustainable actions and developing models of best practice. Research into relevant knowledge banks within society as well as their transformation over time has a very important role to play in this area. The transdisciplinary integration of people from social practice (“stakeholders”) within the research process is thus of particular value for long-term socio-ecological research.
- **Governance research.** Paving the way for sustainable development requires that the goal of maintaining the natural bases of life is established as being of equal importance to other social and economic goals. New governance structures are needed for this purpose. A better understanding of the conflicts of interest between different social groups is thus of decisive importance (Adams et al. 2003; Dietz et al. 2003). Only thus can the vulnerability of ecosystems and society in a regional setting be decreased. Sustainability requires the social acceptance of strategies and measures for the maintenance of natural conditions that support life. This needs the transformation of one-sided, top-down-oriented forms of organisation into those that support balanced interactions between top-down and bottom-up processes. To facilitate this, not only political decision makers but also actors from non-governmental organisations, the economy and wider society should in general be included in the development of sustainability strategies and measures.
- **Risk and resilience research.** Natural events only become risks when humans are affected by them. They comprise both threats and opportunities (Felgentreff & Glade 2007; Kulke & Popp 2008). Vulnerability and resilience act as binding elements between ecosystem research involving natural and social sciences (Blaikie et al. 1994; Turner et al. 2003b). They are dynamic in both a spatial and a temporal sense (Bohle & Glade 2007). Risk research can be characterised as a bridge between natural science-ecological research and socio-ecological research (Stötter & Coy 2008).

These research approaches must adhere to the following principles:

- Decreasing the vulnerability and, where appropriate, strengthening the resilience of spatial systems (ecosystem, social system, economic system; cf. Holling 1973; Blaikie et al. 1994).
- Interdisciplinarity, ultimately even postdisciplinarity (mode-2-approaches). Complex systemic interrelations can no longer be captured and comprehended by a monodisciplinary approach. Where it becomes possible to transcend disciplinary structures through the highest possible integration in a postdisciplinary form, a new level of understanding can be achieved (Kates et al. 2001; Hirsch-Hadorn et al. 2008).
- Transdisciplinarity. Only a systematic integration of stakeholders into the research process can facilitate the development of future-oriented and socially acceptable solutions (cf. Maihofer 2005, Dressel et al. 2014). In this context, it is important to ensure a majority consensus is reached in the case of both stakeholders and researchers (Newig et al. 2008a).

It follows from all the foregoing: LTSER facilitates an understanding of the complexity of interdependencies between ecosystems and social systems. These systems act upon each other in reciprocal fashion, with feedback

effects being the rule rather than the exception. A key question in this respect concerns how social structures and single events impact on, and have impacted upon, ecosystems. In this context, environmental history offers a suitable framework for research (Winiwarter & Knoll 2007). Environmental history has a procedural focus and includes aspects of perception research. Environmental history also enables the long-term perspective of LTSER to be extended through application to pre-industrial history.

Sustainability research requires an understanding of socio-ecological transitions, which represent fundamental transformations in the relationship between natural and social systems (Fischer-Kowalski & Haberl 2007). During such transitions, sustainability problems undergo fundamental change – for example, in the case of the sustainability problems of agrarian and industrial societies. A further major theme is the identification of “legacies”, i.e. the long-term material and non-material impacts that past events continue to have in the present and into the future. An example of this is landscape composition, which is influenced by decisions and interventions in the past that stretches over centuries, and not uncommonly even millennia. Links may be drawn between historical farming systems in relation to land use and regional development processes in the present day. This includes, for example, the importance of humans’ perception of and identification with the landscape in which they live.

LTSER has set itself the challenge of analysing the long-term interactions of ecological and social systems (encompassing politics, economics and society), to identify current and future problem areas and to produce solutions that are sustainable in the long term. The influence of nature on society, the utilization of natural resources and the repercussions for ecosystems of economic and landscape-altering decisions made by humans is in this respect an important research focus. The interrelations between humans and the environment are subject to constant change. Historical approaches are therefore as necessary as considerations about the future, for example in the form of scenario-building. In concrete terms, this involves the identification of the resource use strategies of specific actors, for example, in the case of decision making in agriculture and land use processes. The analysis of economic structures is plays an important role in this context, since these have a significant influence on decision making. Another research focus concerns social perceptions of the patterns that arise (perception, identity). Last but not least, it is important to identify relevant institutions and their role in the development of regional sustainability.

5.2 METHODS AND APPROACHES

Socio-ecological research within LTSER has taken up the challenge of integrating different disciplines from the natural science and cultural and social science sectors. Bringing together such different approaches means that a variety of methods must be used. Thus methodological pluralism is characteristic of the work of socio-ecological research in LTSER, which, among others, includes the following methods and approaches (and combinations of these):

- Process-oriented methods (e.g. socio-metabolic methods such as material and energy flow analysis, socio-ecological indicators, toxicology methods, etc.)
- (Environmental) history and archaeology methods
- Geographical methods (integrated science, synergetics, land use research, local knowledge analysis, systems analysis, GIS, GIS, remote sensing, laser scanning, field research, mapping)
- Economic methods (Input/Output-analysis, etc.) incl. Methods of environmental economy and ecological economics
- Social science methods (qualitative and quantitative)
- Demographic methods (population structure, mobility analysis)
- Vulnerability and resilience analysis
- Interdisciplinary synthesis and modeling (formal models, heuristic models, mind maps etc.), scenario analysis
- Inter- and transdisciplinary methods
- Transdisciplinary/participatory methods



Sheep grazing in the mountains: © fotolia

Socio-ecological research is a relatively young and dynamically evolving field of research, the contours of which are just beginning to take shape. The development of new approaches and methods thus occupies a key position, particularly where inter- and transdisciplinary syntheses are concerned. LTSER calls for, among other things, innovative approaches to integrate the methods of social and natural sciences. Equally, LTSER requires the integration of methods of basic research (e.g. monitoring, measurement methods, empirical social research, theory development, etc) through evaluation of projected processes through to methods of applied research, such as the preparation of planning recommendations and intervention strategies, which contribute to decision making within the region. Networking with process-oriented long-term ecosystem research and with biodiversity and nature conservation research is extremely important. This affects, for example, the interdependencies of ecosystem processes and socioeconomic transformation, the socioeconomic significance of biodiversity and the threat posed by economic activities to biodiversity. Ecosystem services can only be understood in the context of this complex interaction between society and nature.

5.3 REQUIREMENTS

Just as with disciplinary work in the natural and social sciences, the availability of data and sources form the basis of all socio-ecological research. Individual research groups have created valuable spatial-temporal databases and have harmonised these through the intensive investment of human capital and partly integrated them in online GIS systems, which in project-oriented science often develop rapidly into “data graveyards”. LTSER has an important role to play in ensuring that this socially funded work is of enduring benefit. Combined with one another, these discrete and isolated data series can accrue new potential. The infrastructure prerequisites are very similar to those within the natural sciences. The challenge now is to integrate these existing databases – which in some cases are extremely disparate – within a harmonised system.

Significant requirements follow from this:

- The integration of real-space data (particularly from ecology), raster data (primarily from biodiversity research), temporal data and administrative space data (particularly from social science research and from – which requires dedicated funding - special analyses by Statistik Austria).
- The integration of historical data incl. The digitalization of historical sources (primarily by setting up a commented metadata set for this unique data collection).
- The creation of interfaces between different scale levels, which support the use of data from different spatial scales.
- The development of scenario techniques, which allow not only for forecast statements but also support the acquisition of orientation- and action-related knowledge (both “what if” and “forced future” scenarios).



Measuring station at Zöbelboden: © Franz Rokop

5.4 PRODUCTS AND ADDRESSEES

From the above-described research questions and methods of the socio-ecological strand within LTSER, the following products from this research area may be provisionally identified:

- Innovative methods of interdisciplinary basic research and transdisciplinary research in the field of interactions within the human-environment system;
- Long-term analysis of socio-ecological transition processes to support and advise on sustainable regional development strategies for the future;
- Estimation of risks, vulnerability and resilience;
- Integrated socio-ecological models, which can be applied in transdisciplinary processes and enable stakeholders to be supported through the development of sustainability strategies;
- Scenarios for future spatial development, which facilitate the shaping of adaptation strategies.

Interdisciplinary socio-ecological basic research and applied transdisciplinary research lead to new insights in science and regarding social practice. As a form of basic research, socio-ecological research contributes to interdisciplinary sustainability research, and knowledge feeds into the disciplinary sciences as a result. As transdisciplinary research, the socio-ecological component of LTSER generates knowledge and products for stakeholders, such as decisions makers at various scale levels and thus contributes to the development of regional sustainability.

5.5 NETWORKS

LTSER investigates the impacts of resource use upon biodiversity and ecosystem functions (e.g. material flows). Research into resource use includes explicit social and economic research questions. Different processes can unfold at different temporal and spatial scales and influence one another to a greater or lesser extent and can move in different directions or progress at different speeds.

Should LTSER be concentrated at platforms such as the Tyrolean Alps and Eisenwurzen? How might LTSER be networked to an optimal degree with socio-ecological research taking place outside the platforms? Long-term socio-ecological research (LTSER) benefits from an approach that takes account of the different scale levels of spheres of social activity and ecological processes, and that analyses the interrelations between these scale levels. The great challenge for the socio-ecological strand within LTSER consists of the bringing together of people

from different disciplines of natural and social sciences and cultural studies and of people and institutions from the sphere of everyday practice. The choice of research area and study level plays a key role here and has a significant impact upon whether and how social and cultural studies (human geography, sociology, history, political science, economics, etc.) and technical sciences (mathematics, physics, IT, statistics, etc.) can and wish to contribute to the research.

6 EUROPEAN FRAMEWORK CONDITIONS

One of the core objectives pursued by the European Commission from 2004 through the instrument of the “Networks of Excellence” (NoE) was the integration of institutions and infrastructures (ALTER-Net for terrestrial and aquatic research, MARBEF for the area of marine research and EDIT for the taxonomic collections). These all have in common the fact that in contrast to other research areas with cost-intensive infrastructures (particle physics, astronomy), they have no secured long-term funding for their infrastructures, either at national or international level. Moreover, they have until now lacked strategic instruments to couple European funding schemes with national funding schemes, as is the case with particle physics and astronomy, through the **European Strategy Forum for Research Infrastructure (ESFRI)**: At European level, an ESFRI Roadmap has been developed for 5 years at a time, which is (or should be) being translated into national ESFRI Roadmaps. Through this, the EU is making substantial funding support available for infrastructures, which are available for use by the European Research Area as a whole. Prominent examples are the particle accelerator in CERN or the European telescope array in Chile (ESO). Available annual funding lies in the range of tens of millions of Euros per country.

Although outstanding **ecosystem research** generally requires a commensurate level of funding, the nature of its research facilities has so far hindered the development of a similar strategic approach: These are **comparatively small-scale specific sites located across the biogeographical regions** and countries of Europe, hosted by a multiplicity of institutions and responsible government ministries. According to LTER-Europe surveys carried out in 21 Member States, these scattered infrastructures (c. 400 sites) represent a cumulative investment value of c. 450 Mio €, with some sites having operated continuously for over 100 years. However, these investments have been undertaken without any centralised control according to institutional mandates and specific scientific interests. The transition to a multiple-use, distributed research infrastructure would require a small proportion of the original investment value, yet could only take place through the interplay between Europe and the research infrastructure networks of nation states (site hosts).

The above-mentioned **European Strategy Forum for Research Infrastructure (ESFRI)** comprises thematic areas with strategic working groups. Alongside thematic areas such as physics and engineering, the area of “Environment and Earth Sciences” has been created, which since 2006 has increasingly incorporated distributed infrastructures in the area of biodiversity and ecosystem research.

The **ESFRI pilot projekt „LifeWatch“** (see Fig. 9) provided a platform for all Networks of Excellence (ALTER-Net, MARBEF, EDIT), as well as for networks that develop from the NoEs (such as LTER-Europe) and those that develop in parallel (e.g. BioFresh for aquatic sites). In this context, LifeWatch initially attempted to cover the entire spectrum of requisite **Data-services** (e-infrastructure) for research **up to and including the research sites** (in-situ components). In Austria, at the initiative of LTER-Austria, a national LifeWatch Consortium was established, which put together an Austrian LifeWatch concept and undertook consultations with the responsible ministerial departments (BMFWF, BMLFUW). By 2013 it had become clear, however, that LifeWatch would focus **on the function of an e-infrastructure**, to support access to biodiversity data, its management and data analyses (workflows).

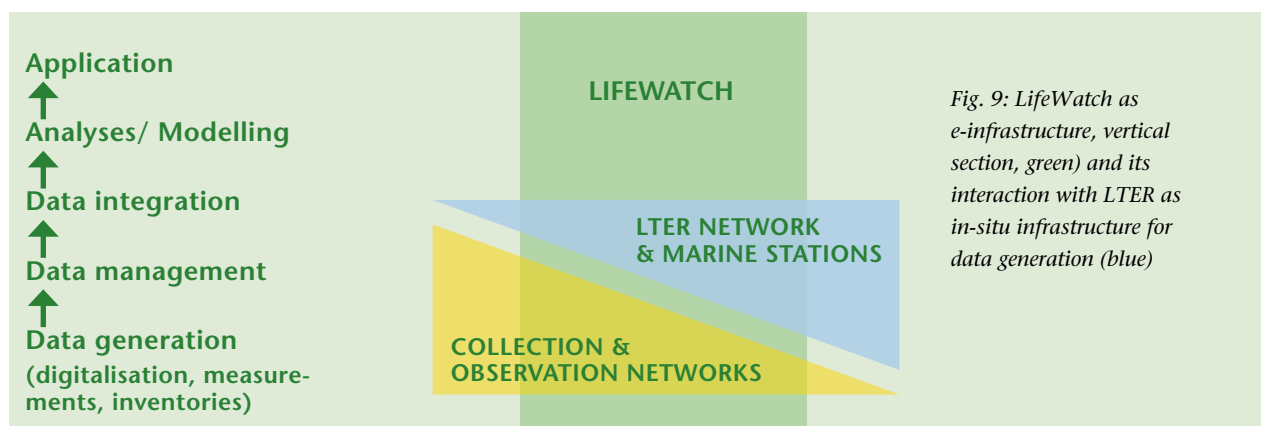
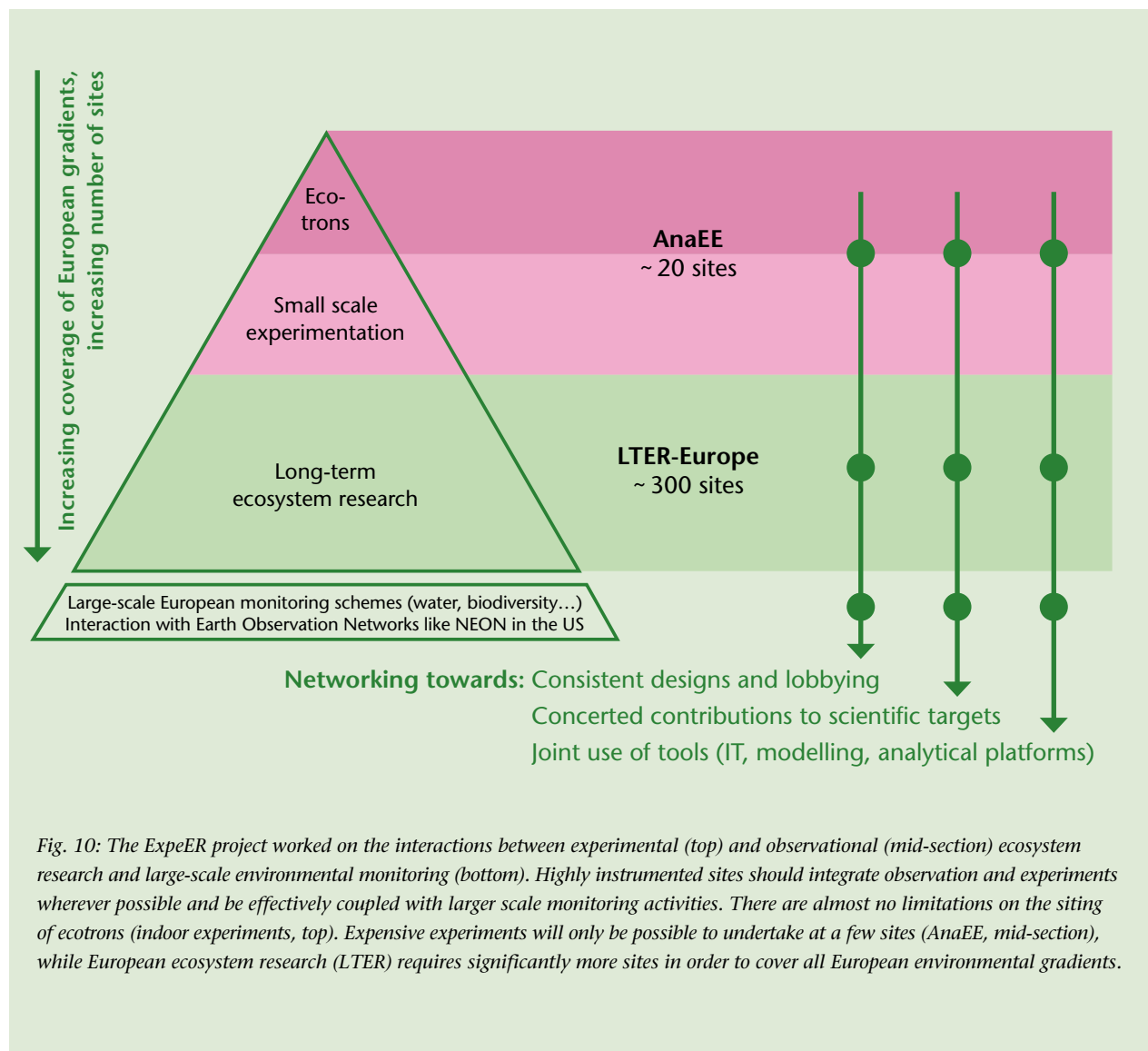


Fig. 9: LifeWatch as e-infrastructure, vertical section, green) and its interaction with LTER as in-situ infrastructure for data generation (blue)

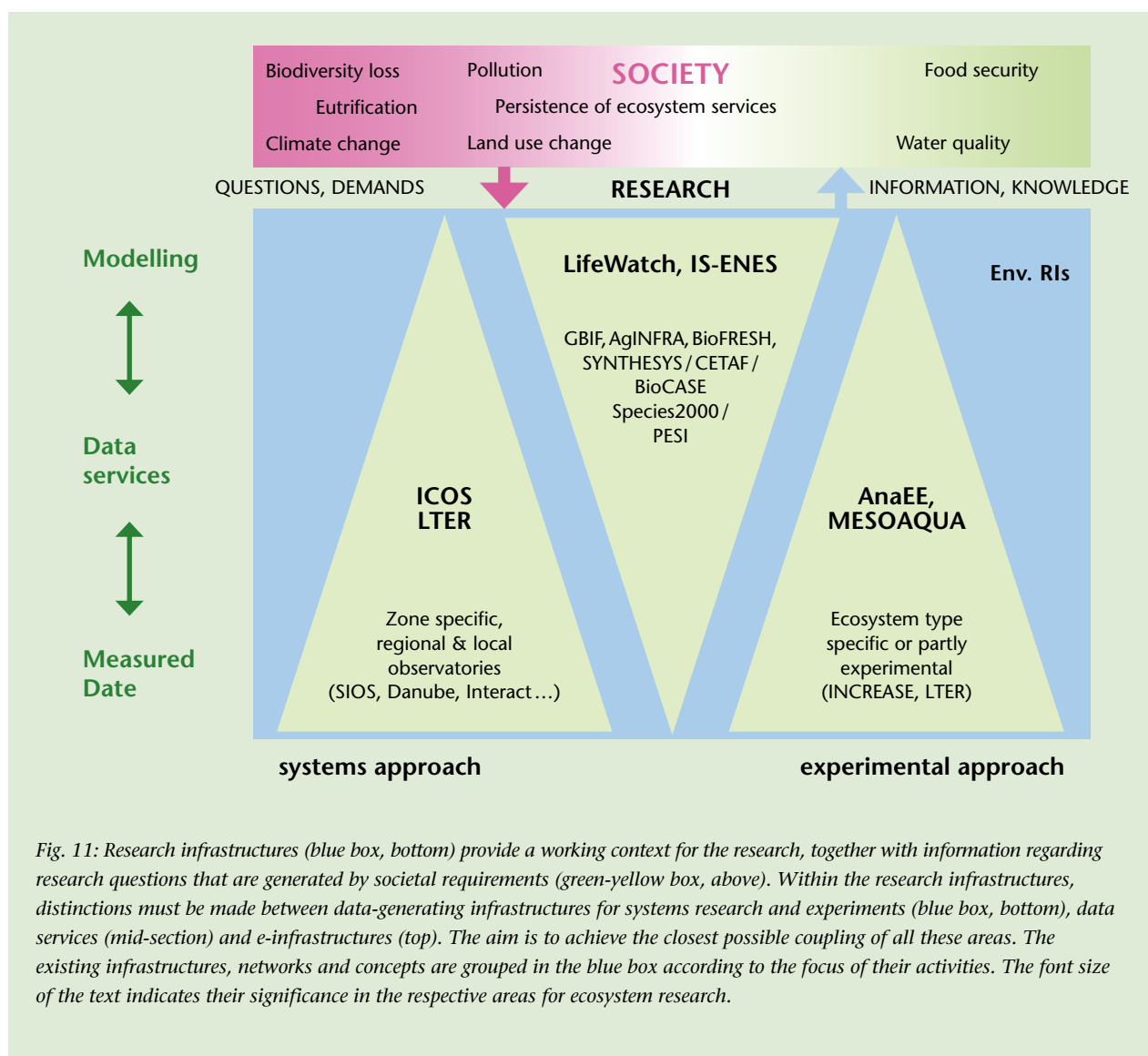
The current plan envisages LTER-Europe representing a major complementary site network, which generates data and uses the services of LifeWatch. The national LifeWatch teams and LTER-Europe cooperate closely with one another. LTER-Europe and LifeWatch signed a formal Memorandum of Co-operation, which regulates their roles and forms of interaction (see Annex Chapter 8.4).

A further initiative with great relevance for LTER-Austria was created in the context of the INFRA-2010 Call 1.1.17 for a I3-Project on “Sites and experimental platforms for long-term ecosystem research”: The **EXPEER consortium**, composed of LTER-Europe and AnaEE (Analysis and Experimentation in Ecosystems). EXPEER focuses on **Key infrastructures of ecosystem research** (Highly Instrumented Experimental/ Observational Sites, HIES, HIOS) and their integration including analyses and modeling (see Fig. 10). As part of efforts to establish the infrastructures sustainable and after a MoU in 2009, **AnaEE** now operates an ESFRI pilot project in the area of medical and biological sciences (experimental approaches with a focus on agrosystems/JPI FACCE). LTER-Europe has applied for a Horizon 2020 infrastructure project (**eLTER**), together with the Critical Zone Community. A concept is currently in development, looking at how sites that operate long-term monitoring-related ecosystem research can be combined with small-scale experimental research (AnaEE).

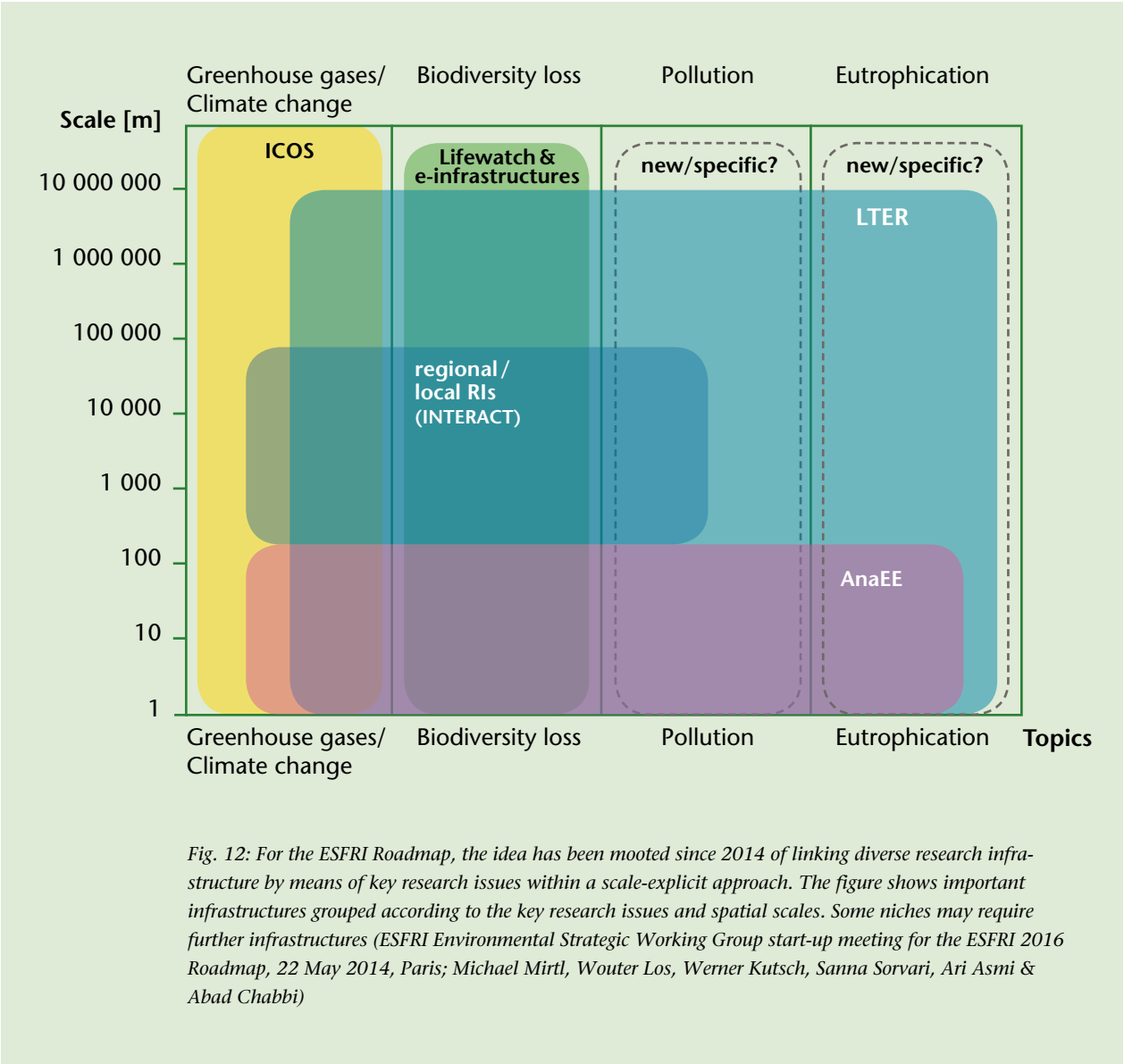


Also included in the Environmental Roadmap from ESFRI is the Integrated Carbon Observation System (ICOS), which will become a formal European Infrastructure Consortium (ERIC) by 2015 at the latest. The core object of ICOS is to provide European research on greenhouse gases with harmonised data, which are acquired through an association of monitoring stations (terrestrial, marine). The terrestrial sites combine partly atmospheric components (high measurement towers) with ecosystem approaches (outgassing, vertical profiles). ICOS is thus an important infrastructure component with which the LTER network should be harmonized (joint utilization of the most suitable sites).

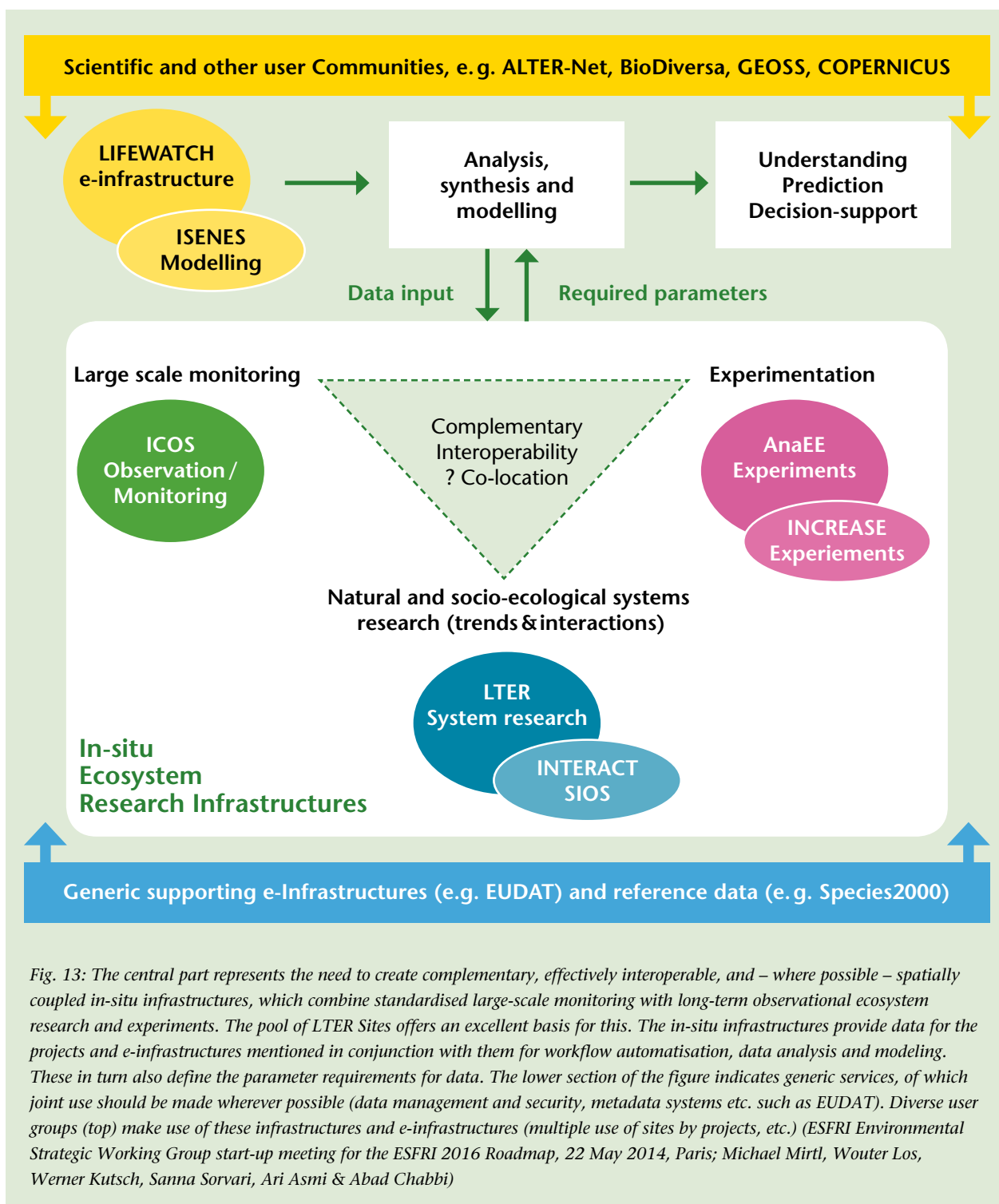
During the preparation of the ESFRI Roadmap 2016, the above-mentioned Environmental Strategic Working Group (Env SWG) from ESFRI worked from May 2014 to produce an overall picture of the “Landscape of Environmental Infrastructures”, in which these were classified according to their core working areas (e-Infrastructures and reference data, analyses and modeling, in-situ infrastructures subdivided according to those that are primarily “observational” and those that are primarily “experimental”). Thereupon, the most important elements in each respective area were identified. The results of this work were presented by the managing board on 25 September 2014 at the ESFRI 2016 Startup in Trieste (Fig. 11).



Subsequently, at the expert workshop of Env SWG on 22 May 2014 in Paris, the most important infrastructures were located (Fig. 12) according to the spatial scales at which they operate, as well as according to the primary research themes, in respect of which the various research infrastructures in Europe should in future be more effectively coordinated (climate change and greenhouse gases, biodiversity and loss of species, pollution, eutrophication). LTER was categorized according to the spatial scales from 1 to 10 000 000 m and ranges across the Grand Challenges of climate change, biodiversity, pollution and eutrophication, since it operates sites from plot size to research regions (LTSER Platforms) and research is based in each case on an ecosystemic approach.



A focus on the in-situ infrastructures, suggests a necessary interweaving of key elements, as depicted in Fig. 13.



From these representations, which arise from the key European development processes, the functional niche of LTER may be seen as a logical step. Chapter 7.3 focuses on the shaping of this niche in Austria. In this context, the research community and the site hosts see themselves as a pool from which all European infrastructure components within the scientific field should be made use of in a concerted manner. The fundamental securing of the key sites for ecosystem research (ultimately also known as “Critical Zone Observatories”) is therefore a priority.

7 SYNTHESIS AND IMPLEMENTATION RECOMMENDATIONS

7.1 SYNTHESIS

The previous three chapters have sketched out the themes of long-term ecosystem research. This touches burning questions with sociopolitical importance in Austria and at the global level.

The following characteristics of the scientific field may be derived from the representation of LTER right across all the thematic areas:

- The drivers and pressures of ecosystems and biodiversity have long-term impacts (climate and land use change, invasive species, etc.). Alongside this, short-term events also play a significant role.
- Many ecosystemic processes are only recognisable as such through long-term research and continual monitoring with an appropriate testing frequency. Only thus can they be accorded significance respectively and explained in terms of cause-effect patterns.
- The increasing complexity of ecological research issues requires ever more complex instrumentation and improved data quality for resilient long-term data series.
- Ecosystems and socio-ecological systems therefore cannot be researched through individual short-term projects.
- Significant bases for efficient, long-term research activity at the research sites (basic monitoring, management of long-term experiments, long-term data series, etc.) are not possible on the basis of random selection.
- To make the best possible use of funding, agreed disciplinary and interdisciplinary projects as well as a harmonised distributed infrastructure are required at priority sites.

Aside from scientific interdisciplinarity, ecosystem research is increasingly developing into a process based on the division of labour across four levels:

- Individual research sites and their hosting institutions (or future hosting associations)
- National networks
- European research association
- International networks

On all four levels, there is interaction between three key components:

- Infrastructure: sites, together with their building facilities, instrumentation and accessible data stocks (as a service, including the maintenance and expertise that facilitates the correct use of this infrastructure)
- Research activity including analysis and reporting on trends (central user level)
- Matrix functions (e-Infrastructure for data management and workflows, networking, concept development, interface to political implementation and training/education)

These characteristics of the scientific field, the division of labour across four levels and the three key components together form the basis for the **recommendation for a “research cluster”**, through which Austria can provide excellent contributions of great benefit to the country itself within the European and global research environment and as a result of which Austrian sites will be rendered more attractive to international research teams.

The synthesis of this White Paper builds a **bridge between the vision and the current status quo**. Since this vision is based substantially upon the infrastructures and organisation of the research field, the **time horizon** for implementation extends to **2020 and beyond**. For Austria as a small country in particular, the reorganisation of such a complex area needs to be related to **conditions within the European framework**. This is all the more important in the context of ecosystem research because the European Commission is currently defining research foci and establishing mechanisms for which the envisaged implementation period is around a decade (ESFRI, Joint Programming, EU Structural Funds).

The LTER-Austria White Paper and this synthesis are to be understood **simultaneously** as the **conclusion** of a decision making process **and as a handover point**: In the following section, the positions of the scientific community and the hosting organisations for infrastructures in the field of scientific research require further harmonization with those of the relevant stakeholders. This involves evaluating and prioritizing sites, content-related foci and contributions to the European Research Area.

7.2 CENTRAL MESSAGES (OVERVIEW)

If Austria wishes to ensure it does not fail to connect with international developments, securing the long-term sustainability of ecosystem research infrastructures and project work is urgently needed. This should have its conceptual basis in European reference projects such as ICOS and Life-Watch (in ESFRI/Environment), ExpeER und ENVRI (FP7/INFRA) and LTER-Europe. There is a clear tendency in favour of prioritizing the effective equipping of sites and recognizing them as key infrastructures. This recognition will be increasingly decisive regarding their inclusion in European calls for tender (e.g. H2020 calls), whether their use by international research teams will be fostered and whether the Austrian domestic expenditure can be seen counting towards European Research Infrastructure (ERI).

In other words, this involves a combination of

- a) A more effective use of the funding and facilities currently employed in this field,
- b) A necessary stimulus funding and further financing for ongoing operation, and
- c) Cost-neutral, targeted measures in the context of a medium-term strategy for the reorganisation of this scientific field.

All this becomes more important given that the ecosystem research community (LTER with its LTSER components) in Austria is relatively small, that the small amount of available national project funding necessitates a switch of focus to European projects and that the multiple involvement of Austrian sites and data depend upon their organisation and accessibility.

Before addressing recommended solutions, a short overview of the central messages is presented here in the same order as the “key messages” in the introductory chapter:

- (A) The three thematic areas described in the current White Paper encompass the scientific field. Although the authors have made every effort to identify synergies and disciplinary interactions, each thematic area possesses a specific requirement profile. The necessary framework conditions discussed here with regard to **the scientific field as a whole** and its components require a **holistic perspective** and can therefore not be achieved by focusing only on the individual components themselves.
- (B) With respect to the creation of appropriate **funding conditions for distributed research projects** regarding complex ecological and socio-ecological phenomena as a strategic and regulatory measure: theme-specific award procedures with classic disciplinary and interdisciplinary quality measures can be implemented via relevant criteria in existing or new funding mechanisms, where the setting up of and adequate funding for a research framework programme is not possible.
- (C) **Framework conditions for research projects** need to facilitate the **use** of in-situ infrastructures and e-infrastructures **across all affected national stakeholders** and funders of environmental research and monitoring according to international examples (see Info-Box 3: German Biodiversity Exploratories and TERENO, but also US-LTER and NEON, EU Infrastructure Calls, LTER Japan).
- (D) The long-term and complex character of the necessary basis for individual research projects (data series etc.) requires the creation of an **association of sites** with nationally agreed, distributed funding and operational site hosting as **service** with adherence to European frameworks (ESFRI/LifeWatch, ESFRI/ALEC, Infrastructure call projects EXPEER, boosting “Multi-use” and “Transnational Access/TA”: see explanations in the main text and glossary).
- (E) The coordination and documentation of LTER in Austria requires an **operational headquarters** (central body) as the hub for building networks of activities both nationally and internationally, the interface with stakeholders and political representatives and the establishing of e-infrastructure for general use and integration of data stocks from individual sites (information portal).

TERENO is a German programme for recording long-term time series of ecosystem parameters in order to analyse and forecast the impacts of global change in natural science and socioeconomic terms. The data acquired through TERENO facilitate the validation, improvement and integration of terrestrial modeling, which will make a significant contribution to the management of agricultural and forest ecosystems. Over a period of five years, c. 15 Mio. Euros have been invested in the establishment of technical equipment-related infrastructure for four observatories. The TERENO observatories, the envisaged operation of which is planned for a minimum of 15 years, are managed by an association of six Helmholtz Centres, in which well over 100 scientists are involved in long-term project activities.

Biodiversity Exploratories

The platform researches functional biodiversity and ecosystem processes in a range of land use types. It includes three exploratories with 300 plots and 27 highly equipped focal sites along a use-gradient. The core funding is secured by a coordinating office, three exploratory teams and a database team, as well as the first inventarising of biotic and abiotic resources in the areas. Where the exploratory infrastructure including human and material resources, is concerned, an additional c. 1.4 million Euros are available each year. Complementary DFG funding supports c. 40 research projects. Through these, c 250 scientists from 40 institutions make use of the infrastructure.

Comparison with Austria

If one were to apply only these two programme examples proportionally through GDP (1:10) to Austria, then the c. 1 Mio. Euro per year for infrastructure would mean an involvement of research funding of c. 2 Mio. Europe per year for projects and operational costs!

Alongside this, in Germany there are however still a number of permanent and large-scale research centres (e.g. the Environmental Research Centre at Halle-Leipzig, the UFZ, or the Jülich Research Centre), which are able to focus the work of their large teams upon issues regarding ecosystem research and which also receive substantial resources for their operational activities from sites and the management of LTER.

Info-Box 3: Investments in the area of ecosystem research: international comparison with Germany: TERENO

The following section sketches out a packet of measures aimed at facilitating the key messages in practice. This packet of measures combines activities that were already initiated and decision-making parameters for setting agendas that are still to be defined, and which are to be arrived at in consultation with the Austrian stakeholders and funders.

7.3 ORGANISATION AND DATA MANAGEMENT

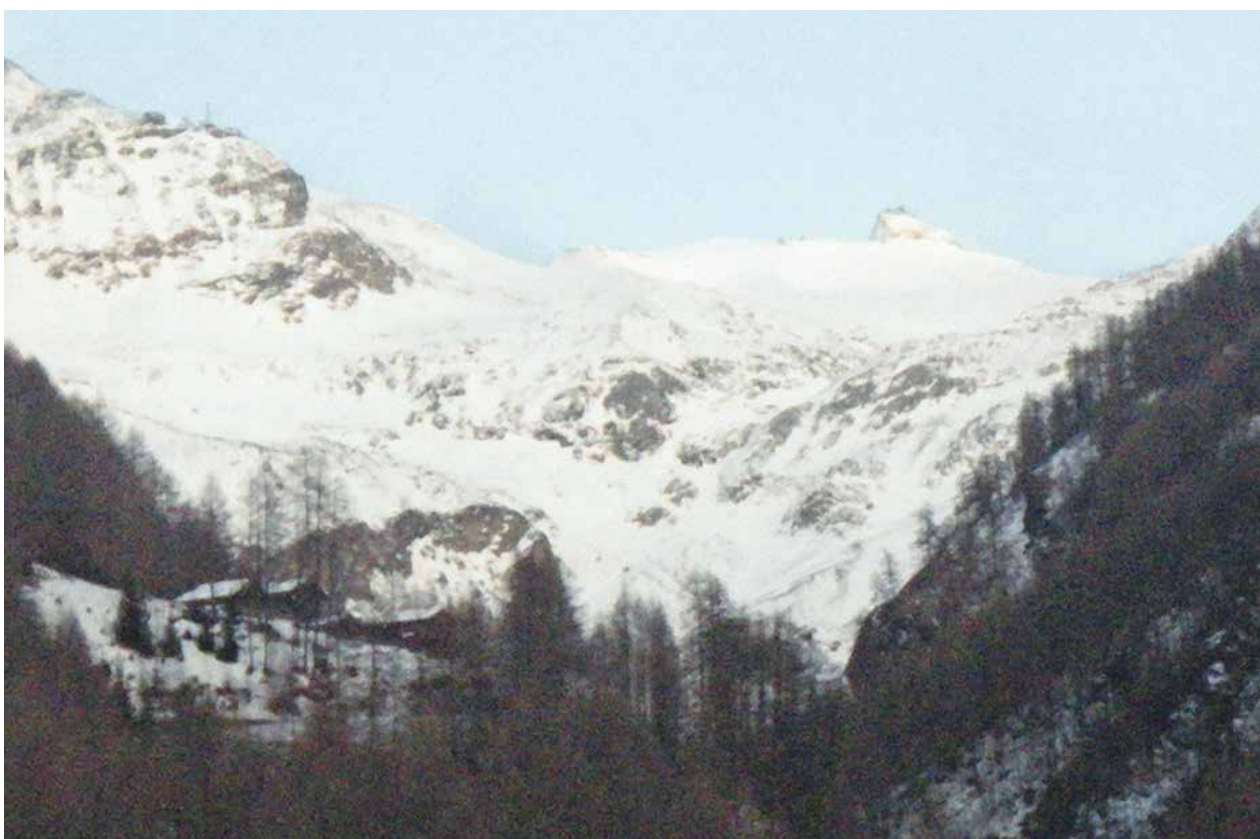
7.3.1 STRATEGIC ORGANISATION

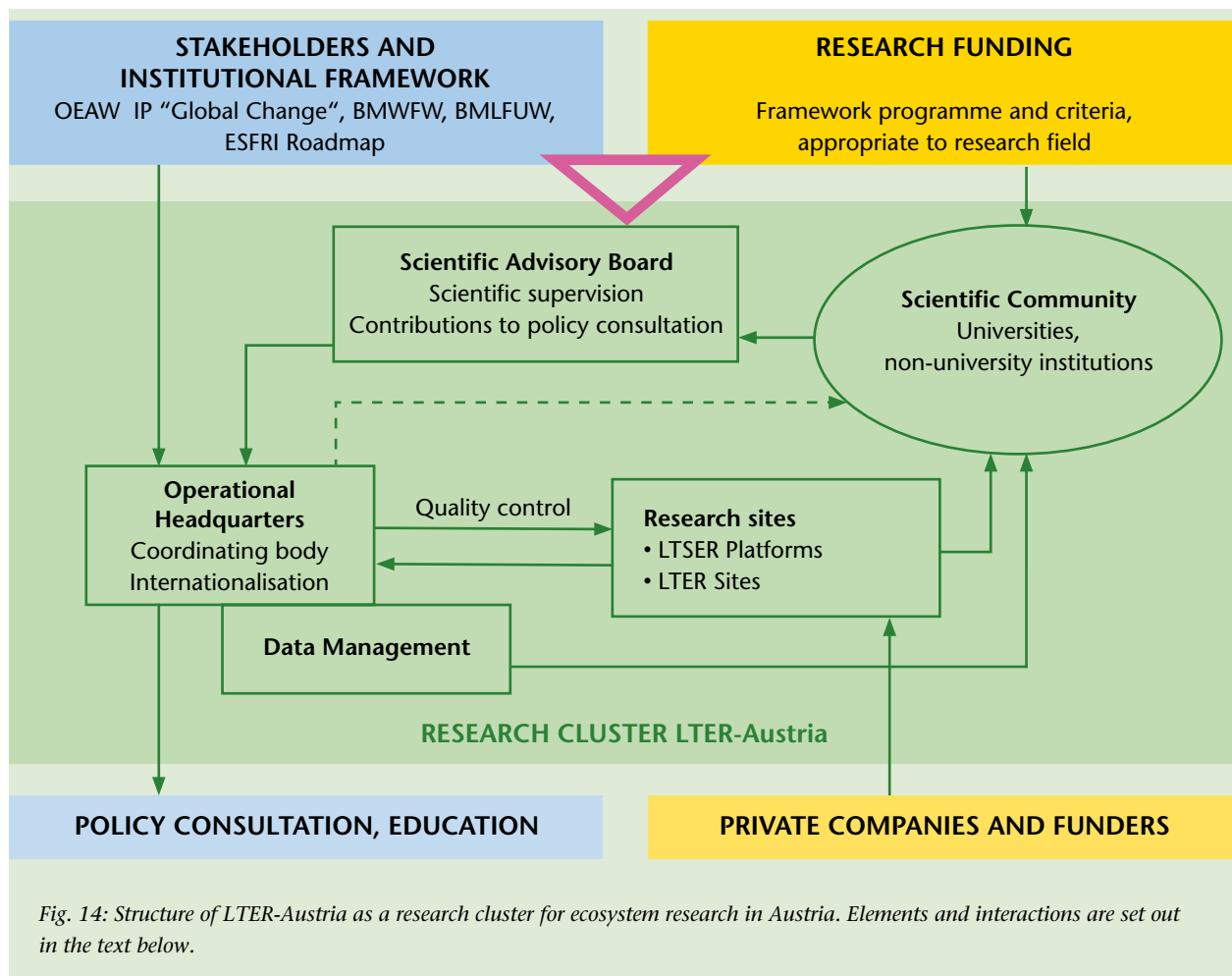
The research cluster organisation depicted in Fig. 14 would interlink science and research users, services (operational coordinating body, data portal, infrastructure/sites), content and strategy coordination (stakeholders, Scientific Advisory Board, funding mechanisms), and policy consultation. This organisation would have the capability to bridge the gap between the status quo and identified requirements and thereby ensure the following added value:

- Central contact partners for the scientific field of “Ecosystem research” for stakeholders and policy makers (rapid and effective communication for policy input; political consulting)

- Valorisation of national pre-investments in sites, data series, results and models from earlier research programmes (cultural landscapes research KLF, forest degradation research, proVision)
- Exploiting the pioneer status of Austrian research in integrated environmental research (e.g. in development and testing of the LTSER concept), particularly with regard to the development of inter- and transdisciplinary modeling and theory
- Integration of long-term monitoring research and experimental approaches
- The development of an integrated network of national “super-sites” as a nationally agreed contribution to high-value ecosystem and biodiversity research infrastructure in Europe (e.g. ExpeER, Horizon2020 Infraia projects such as eLTER and ENVRI+, ESFRI projects like AnaEE and especially in the “Environment” field: LifeWatch, ICOS)
- Platform for the development of an Austrian ESFRI Roadmap in the “Environment” field.
- Services for scientific teams and research projects, the activities of which are increasingly difficult to support in a project context and through individual institutions (e.g. metadata and data management)
- Rapid identification of suitable Austrian sites with regard to addressing specific research questions (via metadata on the sites themselves, the data and expertise available there and the provision of socio-economic and historical sources, data and metadata)
- Simplifying searches for data stocks (Step 1) and direct access to data (Step 2)
- Framework conditions that provide young scientists working in ecosystem research with rapid access to the research community, to projects, to research sites and to their data landscape
- Structure for multi-site projects and national and international evaluations (e.g. meta-analyses for the impacts of climate change and changes in land use across habitat types and environmental gradients)
- Increasing the attractiveness of Austrian research teams through the opportunity to contribute long-term data series to project work
- Standardisation, improvement of comparability and quality assurance of measurements for key parameters (e.g. temperature, biodiversity indicators)
- Coupling of long-term research sites with national and international monitoring networks (integration of the in-situ networks of e.g. EMEP, ICPs of the UNECE Working Group on Effects)
- The opportunity to assert the position of the site network of LTER as a contributor to international projects (ESFRI, projects with transnational access)

Sonnblick Observatory viewed from Heiligenblut (Fleißkehr): © Ursula Nasswetter





THE RESEARCH CLUSTER, EMBEDDING AND OPERATIONAL COORDINATION

An **operational coordinating body** documents and links together the **research sites** (in-situ infrastructure of LTER Sites and LTER platforms, see central part of Fig. 14). The central tool for documentation will continue to be the web-based platform DEIMS, initiated by ILTER and LTER-Europe (http://www.lter-europe.net/info_manage/deims), within which an increasing number of project and network sites are managed (ExpeER, ENVRI+, FORESTING, CZOs). For the entire network, long-term **funding and operating models** need to be secured for clusters of sites and also for individual sites (contributions from funding institutions, private firms and funders, European funding pots). The research sites with responsibility for data measurements, make these accessible to the **data management** of the operational coordinating body (data from all three thematic areas, including reports and publications), which is also responsible for **quality** assurance. This includes both the data and the sites and their operating activities. The **operational coordinating body** promotes international networking and lobbying activity for the Austrian sites within the European Research Area (ERA). The Scientific Advisory Board (SAB) is responsible for providing advice on the direction of research and the standard measurement programmes required for this. The SAB is constituted from the scientific community (from both university and non-university settings) and is in dialogue with stakeholders regarding the strategic interests and framework conditions for research funding.

At the present time, some of the functions of an operational coordinating body are undertaken by the secretariat of the LTER-Austrian association, the activities of which are funded on an annual basis, together with the sections for the two research platforms of Eisenwurzen and the Tyrolean Alps.

PUBLIC STAKEHOLDERS, INSTITUTIONAL FRAMEWORK AND NATIONAL RESEARCH FUNDING

The activities and infrastructure of Austrian ecosystem research fall within the spheres of activity of numerous government ministries, subordinate agencies and university and non-university institutions as **stakeholders**. At the initiative of the Federal Ministry of Science, Research and Economy (BMWFW), LTER was thematically anchored in the Austrian Academy of Sciences (ÖAW) as part of the reorganisation of the **ÖAW International Programme** within the “Global Change” International Research Programme (contact point for the operational coordinating body).

The above-mentioned thematic diversity within the scientific field of “ecosystem research” and the lack of integrative access contribute to the **inadequate degree of support provided by research funding mechanisms**. If there is no dedicated and appropriate **research framework programme** for this field of science, then adequate funding of these research components can only be achieved through the **creation of relevant criteria** across all the funding mechanisms in consultation with stakeholders. The research cluster can support this via the operational coordinating body or the SAB (red triangle in Fig. 14).

POLICY CONSULTING, EDUCATION AND PRIVATE STAKEHOLDERS

LTER generates insights that are fundamental in addressing politically important issues such as the carbon stocks of ecosystems (Kyoto) and adaptation to climate change. The thematic area of LTSE (socio-ecological research) holds particular relevance where policy and implementation measures are concerned (e.g. public awareness of protected assets such as biodiversity, conflicts over resource use, future scenarios for socio-ecological systems, support for sustainable development through science-policy interfaces). In cooperation with Austrian environmental monitoring, LTER can play an active role in providing policy advice, via access to a large pool of experts. At the LTER research sites, the pulse of Austrian ecosystems can be taken in a tangible and visible way (“open air laboratories”). Given the current spirit of the times and the predominant use of leisure time by children and young people, communicating a basic understanding of our natural resources (complementary to technical knowledge) is becoming increasingly important, both in relation to an informed and responsible citizenry and to **ensure the development of a future generation of scientists**. It will in future be necessary to devote particular attention to **alternative funding pathways**. Until now, there has been barely any involvement by private sponsors in environmental research in Austria, as is commonly the case in US research programmes (e.g. tropical biodiversity research in TEAM). Also in the USA, leading private firms are involved in the national high-tech environmental monitoring programme NEON, which produces long-term data that is complementary to that of LTER. However, initiating and implementing such models requires resources if this is to be undertaken in a professional manner.

7.3.2 DATA MANAGEMENT (E-INFRASTRUCTURE, “DATA CENTRE”)

The primary aim of the data and information management of LTER-Austria is to make the results of monitoring and analysis available through the development and implementation of a decentralised data and information network. This should comprise all the relevant data types and sources through the optimal use of available tools and standards (e.g. the LifeWatch reference model). In creating common guidelines for the dissemination of scientific results and data from the LTER network, not only technical and semantic aspects but also organisational aspects of integrative data management need to be considered.

Currently, the existence of different data strategies, forms of organisation or data rights within both the various host organisations and the scientific community constitute obstacles to the accessibility and utilization of data and results beyond the individual research sites that should not be underestimated. This problem is exacerbated by the lack of a coherent data and information strategy. The organisational structure and funding approach recommended here will make it possible to undertake knowledge management with the help of integrated technology and a homogenous system of documentation. This would allow the research cluster to employ standards

and tools, which currently emerge from a range of projects and processes, since the whole issue of managing environmental research and monitoring data receives a great deal of attention (metadata standards such as INSPIRE, ISO19115/19138 or EML; core ontologies and thesauri for environmental monitoring activities such as SERONTO, observation and measurement or EnvThes and web-based services for site documentation, such as DEIMS, <http://data.lter-europe.net/deims/>).

Access to information and data is organised on two different levels. On one hand, it encompasses the level of **information about existing research sites and their available data stocks** (metadata level) and on the other hand, the level of **concrete data stocks** (data level). Metadata represent an important source of information enabling the suitability of sites and the accessibility of data for a wide range of research issues to be evaluated. While metadata are freely available, it is often the case that different data access rights are applied at the data level. The creation of a clear and transparent presentation of data access rights, together with communication of responsibilities pertaining to these, will thus lead in the longer term to **broader access to research and monitoring data**. In this context, particular attention must be paid to determining the traceability of data and thus also their provenance in the context of longer term processes of evaluation (keyword: data provenance).

The “**data centre**” for the research cluster would thus not be a centralised data holding facility but rather would make use of state-of-the-art technologies in order to:

- a) enable an overview of existing data stocks,
- b) describe these in a semantically correct way over the long term (interoperability in the time axis and across all disciplines), and thus
- c) facilitate the decentralised holding and provision of data by the sites/originators via online access (e.g. through OGC Web Feature Services for spatial data or OGC Sensor Observation Service for monitoring data).

The data centre would thereby act on one hand as a docking station for international documentation systems (metadatabases such as DEIMS or the LifeWatch e-infrastructure), and on the other hand also as a national hub, so that data access regulations can be compared and harmonised. Thus it is not only an information service provider but also a platform for exchange between data originators, managers and providers on one hand and scientific users and their evolving requirements on the other. The research cluster's data management should thus provide the best possible support for the **standard processes** of scientific projects, such as the research of suitable data, clarification of ownership rights, the physical exchange of data and the documentation of results. **Supporting sites with their own data management** is particularly important for increasing efficiency. Identifying (national and international) examples of best practice, from recommendations for software tools and standards (through ongoing checks with international developments) to training information managers at the sites, would be key services. These contribute to the convergent further development of data management across the entire network, where centralised administration is neither advisable nor possible. General workshops, such as information management workshops to present and discuss overall developments, and workshops with a thematic focus, such as hands-on workshops for those using specific technologies, provide an important element of building know-how and capacities as well as contributing to the better integration of functions/roles in a complex interdisciplinary research community involved in close cooperation between participants.

A further significant challenge concerns the **documentation and provision of already existing data and results (legacy data)**. These often exist in very different data formats and storage media. The spectrum ranges from analogue (e.g. field notebooks or maps) and semi-analogue forms to outdated digital media or data formats. Alongside the technical problems of updating data formats, incomplete documentation of data and results mean that a great degree of effort is expected to be required in terms of research and documentation. Furthermore, clarifying the legal situation regarding data stocks (e.g. property and distribution rights) can often prove to be time and energy intensive. The failure to process, document and digitalise these data stocks would, however, not only represent a waste of large sums of public money (the price of data collection over several decades), but also the destruction of valuable long-term information. The investment made to date in securing information within this field of science thus stands in glaring contrast to the resources provided and expended in other scientific fields and cultural sectors (e.g. for the documentation of publications by the National Library).

Support and coordination of these activities, similar to the digitalisation of herbarium records in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF), is thus a priority undertaking.

7.4 ADEQUATE FINANCING FOR RESEARCH PROJECTS

The integration of individual projects within a larger research context (linked clusters of research issues) both nationally and internationally, the valorisation of existing data, the long-term optimisation of the data basis for future research into Austrian ecosystems (data hot-spots), the sustainable utilisation, maintenance and competitiveness of Austrian infrastructures, the priority response to research issues holding particular relevance in the Austrian context, and political relevance of, for example, inter- and transdisciplinary research, etc. are despite their indisputable importance not decisive criteria in the evaluation of national research funding applications e.g. with the FWF. With this in mind, there are two options for ensuring ecosystem research receives adequate support in Austria.

OPTION 1:

Through the development of a research framework programme for funding ecosystem research in Austria based on the model of the Cultivated Landscapes Research programme (KLF) and proVISION, Austria's current (strongly conceptual) pioneer status, resulting from successful participation in strategic initiatives such as ALTER-Net (NoE in the 6th EU Framework Programme) and the LTSER development, will be maintained through concrete research projects. The successful participation of LTSER researchers in the Research Excellence programmes (ERC, the Start and Wittgenstein prizes, etc.), and in the Horizon 2020 research requires that costs not covered by these programmes be funded. Given the existing capacities, a funding volume of initially 1.5-2 Mio. EUR per year, and after five years of c. 3 Mio EUR per year are seen as a minimum for a successful programme.

Based on the character of the thematic areas described in Chapters 3-5, the requirements of such a programme would be as follows:

- Roughly 70-80% of the costs, to a roughly equal degree, fall upon three programme strands aligned with the thematic areas of process-oriented ecosystem research, biodiversity and conservation research, and long-term socio-ecological research, with the remainder devoted to crosscutting synthesis projects and related activities (networking meetings, symposia /conferences, publication projects, etc.)
- Focusing on established LTSER Platforms or integration of established LTSER Sites as an important criterion for project funding allocation (utilisation of data, existing expertise and infrastructures)
- Integration in European and international LTSER initiatives as well as EC infrastructure programmes
- Support should be given to mono- inter- and transdisciplinary basic research projects on the basis of their research excellence and their connection to LTSER-relevant research issues. Purely disciplinary basic research without proven integration within an overall LTSER concept would continue to qualify for funding as they currently do, through funding mechanisms such as the Austrian Science Fund (FWF).
- Projects within the thematic areas of biodiversity and conservation research and long-term socio-ecological research must be carefully evaluated in terms of their adoption of inter- or transdisciplinary approaches. Such projects must be able to show that they can provide answers to issues and problems within social practice and wherever possible, supply interdisciplinary synthesis services responding adequately to the problems addressed. Research excellence is also a decisive criterion in such cases.
- The reviewing and awarding conditions must be developed in line with the specificities of LTSER (inter- and transdisciplinarity, and integration within the LTSER context), such that sufficient account is also taken of inter- and transdisciplinary quality criteria (where relevant to the research problem).
- Reflection upon methodology and theory as well as a focus on the continuing development of the LTSER concept (including LTSER) must play an important role.

OPTION 2:

If a research framework programme such as the one described in Option 1 cannot be put in place in the short to medium-term, then funding for the research components of LTER can only be achieved via the creation of appropriate criteria within existing funding mechanisms based on consultation between the stakeholders, the Scientific Advisory Board and the funding mechanisms themselves.

The list of criteria would correspond to those set out under Option 1. An appropriate portion of the available funding resources would need to be secured for projects that match these criteria.

7.5 INFRASTRUCTURE ASSOCIATION: NETWORK OF SITES

Strategic decisions made by a small country such as Austria should be embedded as effectively as possible within the European context and at the same time, should secure research interests that evolve from national conditions (climate change adaptation in mountain regions, sustainable small-scale agriculture, etc.)

The European framework conditions were described in Chapter 6. The position of LTER-Europe within the overall project, process and infrastructure landscape can be found within Chapter 1.2 In any case, these strategic references provide an excellent framework within which to achieve an agreed European guarantee for national ecosystem research infrastructure via e.g. the ESFRI Roadmaps. In numerous countries, national dialogue has begun between networks and infrastructure hosting institutions, with the aim of achieving progress in the multiple utilization and further development of infrastructures (Finland, Italy, Germany). Platforms for such dialogues are a part of numerous projects commissioned by Horizon2020 (ENVRI+, eLTER). The following suggestions thus represent concepts for strategic processes, for the implementation of which EU framework projects are very likely to be put in place.

In Austria too **the infrastructures of LTER are spread across a range of host institutions in the university and non-university sectors** (see site overview in Chapter Table 1). The sites work under the umbrella of LTER, exchange experience and cooperate with one another – usually on a bilateral basis – in research projects. The explicit integration within a functional infrastructure pool as Austria's contribution to the European Research Area has yet to be confirmed. Without this perspective of a strategic national and European context, it is becoming increasingly difficult to secure the activities of the individual sites through single host institutions, and universities in particular are poorly equipped to undertake long-term operations and basic monitoring because of their strongly project-based approach.

On this basis, the division of roles was defined and is reflected in the “strategic organisation” of the proposed research cluster: the service provision and structural components (site operations and basic measurement programme) are matched by scientific utilization. This takes place either through the host institutions themselves or through other national and international users. This interaction requires a complementary **funding and operational model** for (1) the entire site network, (2) clusters of sites, and (3) individual sites. This should also be considered within the development plans and service agreements with the universities, in order to ensure the permanent operation of sites.

We concentrate in the following section primarily upon the network as a whole (the core responsibility of LTER-Austria), but thereafter wish to give two examples of ecosystem type-specific site clusters.

7.5.1 THE AUSTRIAN SITE NETWORK AND THE PATHWAY TO EUROPE

The experiences since the initial focus upon Austrian contributions to ESFRI infrastructures in the environmental sector (LifeWatch/ 2008) have shown that key stakeholders such as the Federal Ministry of Science, Research and the Economy (BMWFW) are not prepared to support isolated initiatives, where the

relevance and broad backing for such initiatives from both the scientific community and infrastructure host institutions has not been clearly demonstrated.

Milestones along the path to such clarification were the founding of LTER-Austria, the first LTER-Austria White Paper (Mirtl et al. 2010) and the location of the scientific field within the “Global Change “ International Research Programme of the Austrian Academy of Sciences. The pool of Austrian LTER Sites and LTSE Platforms includes the majority of permanently operated ecosystem research sites. In addition, LTER is anchored at European level in the ESFRI “Landscape” Roadmap in the environmental sector. Thus instead of deciding to which more specialised infrastructures Austria might contribute with individual sites, it seems more meaningful given this approach to continue to develop Austrian ecosystem research in line with an ESFRI initiative for LTER. An important building block for this conceptual and contextualising European initiative is the Horizon 2020 proposal “eLTER”, in which LTER-Europe cooperates with the Critical Zone research community (see Chapter 1.1 And Chapter 1.2):

A collective effort is needed to create the environmental research infrastructure for answering pressing questions in a world of rapid social, economic and environmental change.

The overall aim of the eLTER project is to advance the European network of Long-Term Ecosystem Research sites and socio-ecological research platforms to provide highest quality services for multiple use of a distributed research infrastructure.

eLTER’s major objectives and methods are to:

- (1) identify user needs for the research infrastructure in relation to major societal challenges*** through consultations with scientific, policy and business stakeholders and horizon scanning;
- (2) streamline the design of a cost-efficient pan-European network, able to address multiple ecosystem research issues***, in collaboration with related global and European research infrastructures, e.g. LifeWatch;
- (3) develop the organisational framework for data integration and enable virtual access to the LTER data*** by enabling data publishing through distributed Data Nodes and by providing access to data on key research challenges through a Data Integration Platform;
- (4) foster the societal relevance, usability and multiple use of information, data and services*** through new partnerships with the providers of remotely sensed data, analytical services and scenario testing models, and via the adoption of new measurement technologies.

The LTER-Europe network and the European Critical Zone community will collaborate to achieve these goals. 162 sites in 22 countries will provide data on long-term trends in environmental change, some reaching back 100 years. Test cases using these data will address a range of environmental and social issues to push innovation in network level services and steer conceptual developments.

The envisaged “LTER Infrastructure” will enable European-scale investigation of major ecosystems and socio-ecological systems, and support knowledge-based decision making at multiple levels.

In September 2014, the 16 leading LTER hosting institutions in Austria addressed a petition to the Austrian Science Minister, calling for the ESFRI initiative on LTER to receive active support:

- ➡ *“In the course of the discussion around the ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) Roadmap 2030, important decisions in the area of environmental research infrastructures need to be made. Austrian infrastructures have been organised strategically through consensus among the major infrastructure host organisations. It is now necessary to secure the Austrian contribution to the European Research Area by adopting measures to support high quality ecosystem research within this country...*

... The signatories to this letter appeal to the BMVFW as a matter of urgency to act to ensure the inclusion of LTER within the ESFRI Roadmap...

... This appeal is a significant aspect of concerted efforts to operate the site infrastructures as with the greatest possible cost-efficiency...”



Cultural landscape: © Richard Schambruck

Vienna University for Natural Resources and Life Sciences, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt – Institute for Social Ecology, Karl-Franzens-Universität Graz, University of Innsbruck, Austrian Academy of Sciences – National Committee of Global Change, Austrian Academy of Sciences – Institute for Interdisciplinary Mountain Research, Austrian Federal Environment Agency GmbH, Austrian Agency for Health and Food Safety, Federal Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, Agricultural Research and Education Centre Raumberg-Gumpenstein, Gesäuse National Park, Upper Austria Limestone Alps National Park, Biological Station Neusiedler See, Water Cluster Lunz, Central Institute for Meteorology and Geodynamics, University of Vienna– Institute of Geography/Geo-ecology.

In parallel with this, the following tests can be applied:

- What e-infrastructures are so relevant and helpful for the Austrian network that Austrian participation would be advantageous (e.g. LifeWatch, EUDAT)?
- What sites could contribute to more specialised infrastructures (e.g. ICOS in the environment domain of ESFRI, AnaEE in the experimental sector or DANUBIUS). This task receives significant support from the comprehensive documentation of sites in DEIMS (incl. “LTER-Europe Site Classification”)?

The operational coordinating body of the LTER research cluster could continue to promote the continuing development of this process (currently through the LTER-Austria Secretariat).

7.5.2 EXPERIENCES WITH THEMATIC AND ECOSYSTEM TYPE-SPECIFIC CLUSTER INITIATIVES

Since the first issue, two clusters of LTER Sites have been constituted. They are making efforts to implement the national LTER strategy within their narrower thematic area and for a smaller number of sites, and as such represent excellent test cases for the larger pool.

7.5.2.1 Highly instrumented forest research sites (BIOS project „LTER For-Austria“)

It is of great interest to Austrian forestry research to draw added value from the common utilisation of sites. As in other countries, the key infrastructure host institutions within the sector (Vienna University for Natural Resources and Life Sciences, Austrian Research Centre for Forests, Environment Agency Austria) have until now operated their sites alone and primarily for their own use. As research issues have become more complex in the context of climate change, material and energy balances and the impact of extreme events, the required investment in terms of equipment has increased. The central problem from the Austrian perspective is that it is hard to achieve larger scale new investments in the current economic climate, which makes it impossible to upgrade on an individual basis to the requisite standards and to operate many of the sites (costly basic monitoring). Only through national consensus on the priority sites, their joint utilization and operation, can sites be safeguarded and integrated in the international context. The association of host institutions thus joins seamlessly in relevant processes for infrastructure development, to ensure acceptance and a sustainable existence (LTER-Austria White Paper, BIOS Science Austria, processes connected to the ESFRI Roadmap). Within the association of host institutions, the three partners each make one site (Zöbelboden, Rosalia and Klausen-Leopoldsdorf) accessible for multiple utilization, so that individual research projects are provided with the framework and basic services they require. The sites cover important gradients within natural spaces in Austria. In the framework of the project, the sites’ scientific teams and potential users jointly formulate a portfolio of research themes, which builds upon the unique potential of these sites (benchmark systems in the landscape context for researching material balances as a basis for upscaling, model validation, etc.). The research themes are those having priority from an Austrian perspective and which are judged likely to be successful on the international research market, profit from being undertaken at multiple sites and make optimal use of existing data and infrastructures. On the basis of this thematic portfolio, options for joint operational activities are developed (requisite infrastructure, securing cost-effective basic monitoring, information management, institutional division of responsibilities) and alternatives for the institutionalisation of an infrastructure cluster (a strategy for securing the sites in the medium term in the national/European context).

7.5.2.2 Aquatic Sites

The ALEON project (Austrian Lake Ecological Observatory Network) is intended to link together the existing Austrian freshwater LTER Sites in a similar way, although it is currently still seeking funding. The aim is to provide the infrastructure to facilitate the documentation of long-term ecosystem trends at higher temporal resolutions and to undertake the comparative study of the short-term effects of extreme meteorological events upon five lakes. It is intended that ALEON should be integrated within the existing international networks, GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network) and NETLAKE (Networking Lake Observatories in Europe, EU ESSEM COST Action). The lakes included in the study range from the shallow, nutrient-rich steppe lake of Neusiedlersee in eastern Austria to the high alpine nutrient-poor Gossenköllesee in the western part of the country. The ALEON project tests the hypothesis that the relative influence of meteorological extreme events (i.e. strong winds, heavy rainfall and extreme temperature changes) upon the phytoplankton community is specific to the type of lake. Since the nutrient input within a lake is dependent on e.g. land use and agricultural management practices in the catchment area, ALEON employs advanced GIS (geographical information systems) technologies together with remote sensing in order to estimate the pathways of phosphorus transport in the catchment area and to be able to make recommendations for effective measures to avoid nutrient outflow. The ALEON project represents a significant step towards linking both existing terrestrial and aquatic LTER Sites in Mondee with the catchment area and paving the way for the development of an LTSE Platform.

7.6 CRITICAL QUESTIONS AND POSSIBLE IMPLEMENTATION STEPS

THE FOLLOWING CRITICAL QUESTIONS WILL REQUIRE CLARIFICATION WHEN PUTTING THE RECOMMENDATIONS INTO PRACTICE:

- How can the university LTER Sites be consistently anchored in development plans and service agreements (the LTER Sites play very different roles, given the great variation in the size, thematic scope and orientation of different universities)?
- How can university and non-university sites be brought together in a coherent manner and according to a single concept within a national pool?
- How should previous and ongoing investments and the operating costs of sites be recorded and presented in a comparable way?
- What types of services should be provided by central components of European ecosystem research infrastructure?
- From an Austrian perspective, what should the relationship be between national investments and contributions, for use in Austria itself (at the sites), and contributions to the central part of a European infrastructure?
- What investments are needed across all the Austrian sites in order to establish a basic standard measurement programme?
- Where should the LTER-Austria research cluster establish its operational coordinating body?

POTENTIAL STEPS TO IMPLEMENTATION COULD BE:

- The development of a national LTER Stakeholder Board (environmental and ecosystem research infrastructures):
 - Relevant ministries, the Federal Ministry of Science, Research and the Economy (BMWFW) and the Federal Ministry for Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (BMLFUW)
 - Austrian Academy of Sciences (ÖAW)/ IP Global Change
 - Austrian Science Fund (FWF), Austrian Research Promotion Agency (FFG)
- Initiation of expert discussions between the Board of LTER-Austria and the infrastructure host institutions (signatories of the ESFRI/LTER Petition)
- Evaluation of the site network and development of operating models (distributed institutional hosting and utilization)
- Development of a funding model for LTER projects (criteria for existing mechanisms vs. framework programme) and implementation
- Consideration of the LTER requirements defined here in the recommendations for the future development of the Austrian FTI system on the part of the Austrian Council for Research and Technology Development (post-Strategy 2020)

8 ANNEXES

8.1 SHORT DESCRIPTIONS OF AUSTRIAN LTER SITES UND LTSEER PLATFORMS

The text of this annex will be regularly updated. Therefore it as an inlay in the very back of this document.

This chapter provides an overview of Austrian LTER Sites and LTSEER Platforms. The chapter structure reflects the achieved organization of the national ecosystem research infrastructure pool represented by LTER:

- LTSEER Platform Eisenwurzen
 - Sites of the platform in alphabetical order
- LTSEER Platform Tyrolean Alps
 - Sites of the platform in alphabetical order
- Other LTER Sites in alphabetical order

8.2 LINKS WITH „LONG-TERM ECOSYSTEM MONITORING (LTEM)” IN EUROPE

A key factor in the initiation of LTER in Europe concerned strategic demands made by bodies responsible for environmental monitoring such as the European Environment Agency (EEA), currently challenged by multiple crises (energy, climate, food, financial) and requiring knowledge-based support for decision making. Many of the added values of LTER-Europe relate to requirements linked to the challenges of environmental monitoring, reporting, integrated assessment and valorization of ecosystem services, e.g.:

- indicator validation and development across scales, environmental and socioecological gradients
- optimization of monitoring schemes (scale-explicit, nested designs) across compartments and sectors
- policy support through assessing effects of measures (e.g. conservation measures on the (sub-)regional level within and outside protected areas)

Clearly, these values will only become effective in the mid and long term once **research projects (A)** have been carried out embedded within the restructured European Research Area and capitalizing on central services. As the results of these projects themselves will contribute to the hot spot nature of LTER facilities in terms of information density, data availability and understanding of complex phenomena (expertise), this is a self-reinforcing process which will significantly raise the costbenefit ratio of any type of information gathered. The benefits of the reorganization will also depend on the question of to what extent focused ecosystem- and socioecological research in LTER-Europe can be **linked with European environmental monitoring programs (B)**. This implies (C) the functional (parameter sets, data) and spatial (design) and temporal (real-time) integration of in situ networks and the coordinated provision of central services. These services need to comply with internationally accepted standards to ensure seamlessly available semantic and technically harmonisation data across environmental or administrative boundaries. This includes enabling concerted public access points for data and metadata across legal and funding frameworks.

Once LTER sites and LTSEER platforms in particular have been integrated within monitoring schemes, they can **provide the ecosystem- and socioecological context** of individual monitoring and sampling points (e.g. EMEP). Capitalizing on these context data gathered at different scales in nested designs as promoted by LTER, multivariate statistics, geostatistical methods and stratifications will help in quantifying the power and representativity of point data as well as their proper usability in models, e.g. for the testing of scenarios.

Organizing standard observations and measurements within LTER exemplarily revealed the **mutual interdependency and complementarity of long-term ecosystem research and monitoring**: A few groups of parameters are considered important, available and feasible at the same time, and as such they could be recommended immediately (partially down to the parameter level). However, the discussion about standard parameters also resulted in a recommendation concerning the selection of further LTER sites, in the sense that they are to be located in close proximity to or even overlapping with sites of existing longterm ecosystem/environmental monitoring



Mist at Zöbelboden and Weißenbach Valley: © Michael Mirtl

(LTEM) schemes. This relates to the question of **how environmental monitoring and research are organized** in Europe: Whereas the responsibility for research rests with universities and other academic institutions, mostly governmental bodies are in charge of monitoring. Yet funding mechanisms, mandates, internal organization and self-perception of staff roles favor either i) the production of high quality longterm monitoring data, applied research and the maintenance of infrastructure or ii) scientific projects and teaching. Whereas monitoring is defined as the continuous observation, control and measuring of the state and structure of a system (Meyers Online Encyclopedia; Wikipedia), research is the planned and targeted search for new findings in a specific realm (Neuer Brockhaus 2003). But applying a longer timescale, the designs and targets of monitoring are hypothesis-driven as well. The recent reorganization of LTER in the United States (NEON, see references/ internet links) gives evidence that there is **no LTER without LTEM** and vice versa. Environmental research needs to trigger and optimize monitoring designs and methods and mutually monitoring data must form an integral part of the research. LTER Europe's design could provide a step towards integration and the synergistic use of potentials and division of tasks.

Very importantly, LTER plus LTEM also represent an enormous potential for **serendipitous science**. Serendipity is the effect by which one accidentally discovers something fortunate, especially while looking for something else entirely different (<http://en.wikipedia.org/wiki/Serendipity>). Firstly, sagacity is required to be able to link together apparently innocuous facts to come to a useful conclusion. But – equally importantly – one needs access to the facts in order to apply sagacity. Translated into environmental science and LTER, processes, cause effect relationships and mechanisms eventually driving our socioecological systems and significantly affecting ecosystem services can only be identified on the basis of well documented longterm data and information.

Creating such databases for a representative network of locations and securing the sustainable use of legacy information gathered at considerable cost belongs to the core of LTER-Europe's mission. Thus, while some scientists and inventors are reluctant to report accidental discoveries, others openly admit its role; in fact serendipity is a major component of scientific discoveries and inventions. According to Stoskopf (2005) it should be recognized that serendipitous discoveries are of significant value in the advancement of science and often present the foundation for important intellectual leaps of understanding. Bearing in mind the importance of LTER's precautionary principle, the 20 year review of US-LTER underpinned the importance of serendipitous science exploiting unexpected events as opposed to synthesis science looking forward and being hypothesis and theory-driven.



ZU LAGE UND AUSRICHTUNG VON PROZESSORIENTIERTER ÖKOSYSTEMFORSCHUNG, BIODIVERSITÄTS- UND NATURSCHUTZFORSCHUNG SOWIE SOZIO-ÖKOLOGISCHER FORSCHUNG IN ÖSTERREICH

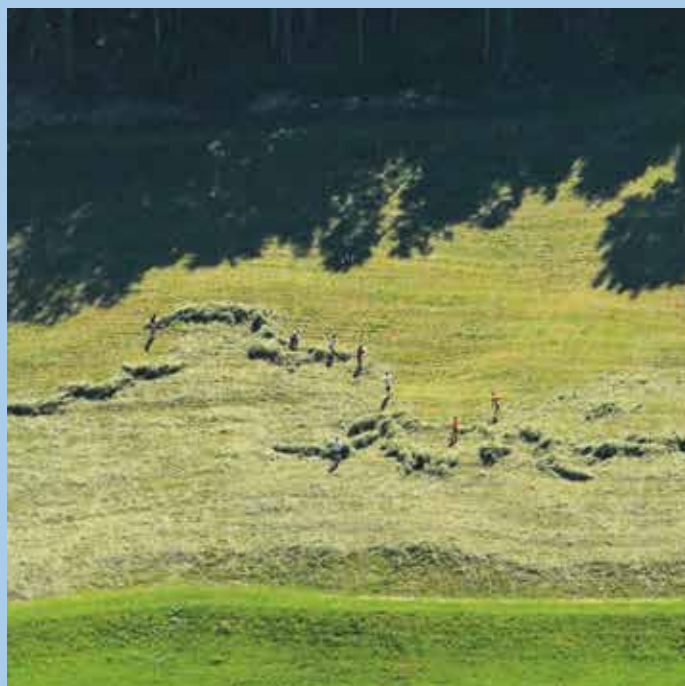


**FORSCHUNG FÜR
DIE ZUKUNFT**

LTER-AUSTRIA WHITE PAPER 2015

**Österreichische Gesellschaft für
ökologische Langzeitforschung**

M. Mirtl, M. Bahn, T. Battin, A. Borsdorf, T. Dirnböck, M. Englisch, B. Erschbamer, J. Fuchsberger, V. Gaube, G. Grabherr, G. Gratzner, H. Haberl, H. Klug, D. Kreiner, R. Mayer, J. Peterseil, A. Richter, S. Schindler, A. Stocker-Kiss, U. Tappeiner, T. Weisse, V. Winiwarter, G. Wohlfahrt, R. Zink



INHALT

1 ANLASS UND RAHMEN	6
1.1 ZWECK UND HINTERGRUND DES WHITE PAPERS: SCHLÜSSELBOTSCHAFTEN	6
1.2 LTER ALS GLOBALER UND EUROPÄISCHER RAHMEN	7
1.3 „NEXT GENERATION LTER“	10
1.4 WECHSELWIRKUNG VON MONITORING UND FORSCHUNG IN LTER	12
1.5 LTER-AUSTRIA	14
2 THEMENBEREICHE DER ÖKOSYSTEMFORSCHUNG IN ÖSTERREICH	22
2.1 DEFINITION	22
2.2 ANBINDUNG AN KONZEPTIVE MODELLE	23
2.3 STRUKTUR DER KAPITEL ZU DEN THEMENBEREICHEN	26
3 PROZESSORIENTIERTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG (THEMENBEREICH I)	26
3.1 FORSCHUNGSFRAGEN DES THEMENBEREICHES PROZESSORIENTIERTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG	27
3.2 ANSÄTZE UND METHODEN	29
3.3 ANFORDERUNGEN	30
3.4 PRODUKTE UND ADRESSATEN	30
3.5 VERNETZUNG MIT ANDEREN THEMENBEREICHEN	30
4 BIODIVERSITÄTS- & NATURSCHUTZFORSCHUNG (THEMENBEREICH II)	31
4.1 PRIORITÄRE FORSCHUNGSTHEMEN	32
4.2 ANSÄTZE UND METHODEN	35
4.3 ANFORDERUNGEN	37
4.4 PRODUKTE UND NUTZER	39
4.5 VERNETZUNG	39
5 SOZIO-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG, LTSER (THEMENBEREICH III)	40
5.1 DEFINITION UND THEMATISCHE BEREICHE	40
5.2 METHODEN UND ZUGANGSWEISEN	42
5.3 ANFORDERUNGEN	43
5.4 PRODUKTE UND ADRESSATEN	44
5.5 VERNETZUNG	44
6 EUROPÄISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	45
7 SYNTHES UND UMSETZUNGSVORSCHLAG	50
7.1 SYNTHES	50
7.2 ZENTRALE BOTSCHAFTEN (ÜBERSICHT)	51
7.3 ORGANISATION UND DATENMANAGEMENT	52
7.4 ADÄQUATE FINANZIERUNG VON FORSCHUNGSPROJEKTEN	57
7.5 INFRASTRUKTUR-VERBUND: NETZWERK VON STANDORTEN	58
7.6 KRITISCHE FRAGEN UND MÖGLICHE UMSETZUNGSSCHRITTE	61
8 ANHANG	62
8.1 KURZBESCHREIBUNG ÖSTERREICHISCHER LTER SITES UND LTSER PLATFORMS	62
8.2 WECHSELWIRKUNGEN MIT „LONG-TERM ECOSYSTEM MONITORING (LTEM)“	62
8.3 GLOSSAR	64
8.4 MEMORANDUM OF COOPERATION ZWISCHEN LIFEWATCH UND LTER-EUROPE	66
9 LITERATUR	69
DANKSAGUNG & IMPRESSUM	74

ZUSAMMENFASSUNG

„Long-Term Ecosystem Research“ (LTER) vernetzt in Europa zirka 400 Forschungsstandorte, 100 Institutionen und eine Vielzahl von Forschungsprojekten in 24 nationalen Netzwerken. LTER-Europa erforscht die große Bandbreite europäischer Ökosysteme von arktischen und alpinen bis zu mediterranen Standorten.

Wie reagieren Ökosysteme langfristig auf unterschiedlichste Einflussfaktoren? Genauer gesagt: Wie reagieren sie auf verschiedenen Skalen-Ebenen (lokal, regional, kontinentweit, global) über Jahrzehnte und Jahrhunderte auf Klimawandel, invasive Arten, Stoffeinträge oder menschliche Nutzung etc.? Welche Eigenschaften ermöglichen ihnen die Anpassung an Stress? Wie werden Störungen abgefangen? Was sind die Schwellen, ab denen irreversible Veränderungen oder Degradation erfolgen?

Das sind zentrale Fragen der ökologischen Langzeitforschung und LTER repräsentiert eines der wenigen Forschungsnetzwerke weltweit, dessen Projekte dem langfristigen Charakter der meisten Prozesse auch organisatorisch Rechnung tragen: In kurzfristigen Projekten mit 2 – 3 Jahren Laufzeit können langfristige ökologische Veränderungen kaum oder gar nicht erkannt und richtig interpretiert werden.

Nur wenn unsere Ökosysteme „funktionieren“, können sie uns als Lebensgrundlage dienen. Ihre „Leistungen“ aus menschlicher Sicht (Ecosystem Services) hängen wiederum stark von den jeweiligen gesellschaftlichen Nutzungsformen (Ökosystem-Management) ab. Die **nachhaltige Sicherung der essenziellen Ökosystemleistungen und der Biodiversität im globalen Wandel** ist eine zentrale gesellschaftliche Verantwortung. Ökosystemforschung als Wissenslieferant in diesem Auftrag erfordert einen integrativen, inter- und transdisziplinären Ansatz, der die vielfältigen Wechselwirkungen von menschlichen Aktivitäten und Ökosystemen erfasst.

Die Langfristigkeit und **Komplexität der Fragestellungen** sowie **neue Technologien** machen eine **inhaltliche, organisatorische und strukturelle Neuausrichtung** von LTER weltweit und in Europa erforderlich (European Research Area, ERA). Dem tragen Schlüsselprozesse und -projekte der Europäischen Kommission Rechnung (ESFRI, ENVRI, ExpeER, H2020 Infraia Infrastructure call). Dabei gilt: **Infrastrukturen und Fördersysteme** sind künftig **national so zu organisieren**, dass sie europäischen Rahmenprogrammen genügen und deren zentrale Services maximal nutzen.

Interdisziplinäre und integrative Ansätze bedingen die **fachliche Erweiterung** von LTER um geistes-, kultur- und sozialwissenschaftliche Kapazitäten (LTSEr, Long-Term Socio-Ecological Research) als integraler Bestandteil von LTER. Der **Begriff „Ökosystemforschung“** umfasst im Kontext des White Paper also implizit **prozessorientierte Ökosystemforschung, Biodiversitäts- und Naturschutzforschung sowie sozio-ökologische Forschung**. Die Besonderheit liegt in deren konzentriertem Engagement in der Erforschung des langfristigen ökologischen und sozio-ökologischen Wandels in der „Critical Zone“ (s.u.) an konkreten Standorten (LTER Sites, LTSEr Regions und darüber hinaus).

Die Rahmenbedingungen für die Ökosystemforschung in Österreich haben sich über die letzten Jahre dramatisch verschlechtert (Ausbildung, Standorte, Projektfinanzierung), während in Ländern wie Deutschland innovative Großinvestitionen in dem Wissenschaftsfeld erfolgen (z.B. TERENO, Biodiversitäts-Exploratorien). **Wenn Österreich mit seinen Forschungsstandorten eine maßgebliche Rolle in der europäischen Ökosystem-Forschung spielen will, ist das Wissenschaftsfeld nun komplementär zu den internationalen Entwicklungen aufzustellen.** Nur so ist exzellente Forschung auf entsprechend ausgestatteten Standorten zu gewährleisten und die Bearbeitung von für Österreich prioritären Fragestellungen zu sichern.

Das White Paper versteht sich als Beitrag zur Re-Organisation des Wissenschaftsfeldes LTER in Österreich. Es versucht, folgende Fragen zu beantworten:

- Was sind die prioritären **Forschungsthemen**?
- Wo liegen die größten **Potenziale**?
- Was sind die nötigen **Rahmenbedingungen**, um diese Potenziale umzusetzen?
- Wie kann Österreich im **internationalen Rahmen** bestmöglich agieren?

SCHLÜSSELBOTSCHAFTEN

Mit folgenden **Schlüsselbotschaften** richtet sich das White Paper an Stakeholder und Infrastruktur-TrägerInnen des Wissenschaftsfeldes „Ökosystemforschung“ in Österreich. Diese Botschaften finden sich detailliert im Kapitel 7, das konkrete Vorschläge zur Re-Organisation ableitet. Ein fachlich breit gefächertes Editoren-Team hat dieses White Paper unter Einbindung von über 100 Experten in verschiedenen Gremien und Workshops sowie unter Berücksichtigung maßgeblicher europäischer Rahmenprozesse verfasst.

- (A) Schaffung von Rahmenbedingungen aus einer integrierenden, interdisziplinären Perspektive**
 - ➔ Das Wissenschaftsfeld „Ökosystemforschung“ umfasst drei Themenbereiche zur Bearbeitung von komplexen Fragestellungen: prozessorientierte Ökosystemforschung, Biodiversitäts- und Naturschutzforschung und sozio-ökologische Forschung.
- (B) Die vielfältigen Forschungsprojekte zu den ökologischen und sozio-ökologischen Fragestellungen benötigen geeignete Förderbedingungen**
 - ➔ Forschungsrahmenprogramm oder entsprechend abgestimmte Vergabekriterien von bestehenden Programmen.
- (C) Basisfinanzierung der nötigen Infrastruktur (inkl. E-Infrastruktur)**
 - ➔ Voraussetzung für die Erhaltung und Erweiterung der notwendigen Infrastruktur für Langzeit-Umweltforschung und Monitoring auf den jeweiligen Standorten ist eine Basisfinanzierung nach internationalen Beispielen.
- (D) Verbund von permanenten Standorten für vielfache Nutzung in nationalen Forschungsschwerpunkten und Beiträgen zum europäischen Forschungsraum**
 - ➔ Schaffung eines Verbundes (Pool) von prioritären Standorten mit einem Modell für die langfristige Trägerschaft. Damit soll Österreich kosteneffizient zu diversen europäischen und internationalen Programmen beitragen und entsprechende Geldrückflüsse sichern.
- (E) Operative Zentrale (Leitstelle) als Drehscheibe für die Vernetzung der Aktivitäten national und international**
 - ➔ Durch die Koordination und Dokumentation der LTER Standorte in Österreich wird das Stakeholder-Netzwerk aus Forschung, Praxis, Entscheidungsträgern und Politik gefestigt und die Vernetzung auf internationaler Ebene gestärkt. Die Integration der Datenbestände der Standorte garantiert eine Mehrfachnutzung hochwertiger Informationen.

Das Kapitel 7.2 bricht diese fünf Schlüsselbotschaften auf die konkreten österreichischen Gegebenheiten herunter (Seite 51) und leitet damit zu den Lösungsvorschlägen in Kapitel 7.3 über (ab Seite 52).

Mit dem vorliegenden White Paper will sich LTER-Austria nationalen strategische Herausforderungen stellen, wie sie u.a. in der FTI-Strategie 2020 des BMVIT zu den „Grand Challenges“ umrissen sind:

„... Dabei stehen Fragen der ökologischen Veränderungen ebenso im Fokus wie solche des Gesundheitswesens und der Nahrungssicherung. Es geht um technologische ebenso wie um systemische oder gesellschaftliche Forschung, die durch Analysen, Impactstudien, Szenario- und Modellbildung, weltraumgestütztes und bodengebundenes Umweltmonitoring, etc. unterstützt wird... Dies stellt die Gesellschaft nicht nur vor technologische Anforderungen, sondern auch vor die Notwendigkeit, die Raum- und Landnutzung entsprechend zu adaptieren. Die nachhaltige Sicherung der Produktion biogener Rohstoffe und Energieträger... und deren Verteilung... setzt umfassende, regional differenzierte Kenntnisse der naturräumlichen, ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Bedingungen voraus, die in interdisziplinärer, orientierter Grundlagenforschung gewonnen werden müssen“ (Österr. Bundesregierung, 2011).

Die österr. Gesellschaft für ökologische Langzeitforschung bedankt sich für die Zuerkennung einer wissenschaftlichen Förderung durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung und das Internationale Programm „Global Change“ der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

1 ANLASS UND RAHMEN

1.1 ZWECK UND HINTERGRUND DES WHITE PAPER: SCHLÜSSELBOTSCHAFTEN

- ➔ **Welches Wissen ist erforderlich, um die menschlichen Lebensgrundlagen nachhaltig zu sichern?**
- ➔ **Welche Rahmenbedingungen benötigt die dazu erforderliche Forschung?**

Mit diesen Fragen haben sich forschungsstrategische europäische Projekte in den letzten Jahren beschäftigt und eine Re-Organisation der ökologischen Forschung initiiert (FP6, FP7, H2020, ESFRI, siehe Kapitel 6 ab Seite 45). Diese Re-Organisation trägt den infrastrukturellen und logistischen Anforderungen der Erforschung komplexer Phänomene und deren langfristiger Dynamik Rechnung (verteilte Forschungseinrichtungen, Informationstechnologie). Die Österreichische Gesellschaft für ökologische Langzeitforschung (LTER-Austria) gibt mit dem „LTER-Austria White Paper“ einen Impuls zur nationalen Neu-Positionierung eines Wissenschaftsfeldes, das sich in den letzten zehn Jahren mit massiven Änderungen der Inhalte, der gesellschaftlichen Wahrnehmung und Förderbedingungen konfrontiert sah.

Das Papier umreißt die gegenwärtigen und sich abzeichnenden Themen. Es will zur strategischen Ausrichtung der ökologischen und sozio-ökologischen Langzeitforschung in Österreich beitragen. Forschungsteams und Einrichtungen der österreichischen und europäischen Forschungslandschaft bietet es eine Möglichkeit zur Positionierung. Den Verantwortlichen für die österreichischen Forschungsstrategien und Forschungsfördermechanismen (Forschungsabteilungen der Ministerien, FWF, ÖAW etc.) bietet es einen Überblick und zukunftsorientierte Anregungen unter Berücksichtigung des europäischen Forschungsraumes und globaler Herausforderungen.

Strukturell soll es die Organisationsentwicklung von Institutionen zugunsten ökologischer und sozio-ökologischer Themen im Sinn einer nationalen und europäischen Arbeitsteilung fördern und Bewusstsein für die Bedeutung österreichischer Expertise und Einrichtungen schaffen.

Das White Paper versucht, folgende Fragen zu beantworten:

- Was sind die prioritären **Forschungsthemen**?
- Wo liegen die größten österreichischen **Potenziale**?
- Was sind die nötigen **Rahmenbedingungen**, um diese Potenziale umzusetzen?
- Wie kann Österreich **im internationalen Rahmen** bestmöglich agieren?

Das White Paper behandelt die Ökosystemforschung in drei Themenbereichen:

1. Prozessorientierte Ökosystemforschung
2. Biodiversitäts- und Naturschutzforschung und
3. Sozio-ökologische Langzeitforschung (Long-Term Socio-Ecological Research, LTSER).

Der **Begriff „Ökosystemforschung“**, adressiert daher implizit alle drei Themenbereiche, wenn nicht anders ausgewiesen. Ökosystemforschung im Sinn des LTER-Austria White Paper deckt damit auch die „Critical Zone“ ab, also jene Schicht des Globus zwischen Stratosphäre und tiefer Geosphäre, in der sich sonnenenergiegetriebenes Leben abspielt. Dieses Verständnis spiegelt sich in jüngsten Entwicklungen in Europa, China und Australien, nach denen Critical Zone Forschung die Infrastrukturen von LTER nutzen wird. Dadurch stärkt sich der Fokus auf (1) vertikale Interaktionen v.a. mit der Geosphäre und auf (2) sehr langfristige Prozesse wie Bodenbildung.

METHODE ZUR ERSTELLUNG DES WHITE PAPER

ExpertInnen-Teams aus dem Kreis der Gesellschaft für ökologische Langzeitforschung bearbeiteten je einen der obigen Themenbereiche. Sie führten Interviews mit maßgeblichen Forschungseinrichtungen und NutzerInnen/AnwenderInnen von Forschungsergebnissen durch und entwickelten in kleinen Workshops spezifische Kapitel für jeden Themenbereich.

Die Kapitel 3 bis 5 folgen einer akkordierten Struktur, die darauf abzielt, eine Analyse und Synthese quer über die Themenbereiche zu ermöglichen. Die Analyse soll Gemeinsamkeiten und explizite Unterschiede mit folgenden Zielen filtern:

1. Vermeidung unproduktiver Überlappungen und Nutzbarmachung von **Synergien**
2. Schaffung von **Rahmenbedingungen** für exzellente Forschung in den einzelnen Themenbereichen durch Ausweisung jener Spezifika, die es nicht erlauben, „Ökosystemforschung“ fördertechnisch undifferenziert und in einem abzuhandeln.



Nationalpark Gesäuse: © Archiv Nationalpark Gesäuse

Das zweite Ziel ist eng mit den erwähnten europäischen Bemühungen gekoppelt, den europäischen Forschungsraum auch im Bereich der ökologischen Forschung konkurrenzfähiger zu machen, was eng mit der Schaffung stabiler Finanzierungen für die Infrastrukturen der Ökosystemforschung verbunden ist (ESFRI, nationale ESFRI Roadmaps). In den Jahren 2008 und 2009 erarbeitete LTER-Austria die erste Ausgabe des White Paper. In dieser Phase erfolgte auch die Kontaktnahme zur Biodiversitätsforschungs-Plattform (BDFA). Um Überschneidungen und Widersprüche zu vermeiden sowie Synergien zu nutzen, entstand das Kapitel zum Themenbereich „Biodiversitäts- und Naturschutzforschung“ in enger Zusammenarbeit. Nach einem internationalen Review wurde das erste LTER-Austria White Paper 2010 fertig gestellt und in Zusammenarbeit mit dem Network of Excellence ALTER-Net in einer internationalen Konferenz im November 2010 in Wien präsentiert. Die vorliegende, komplett überarbeitete dritte Auflage entstand in einem erneuten kollektiven Aufwand und Abstimmungsprozess zwischen Herbst 2013 und Sommer 2014, wurde erneut einem internationalen Review unterzogen und wird in einer internationalen LTER Konferenz im Februar 2015 in Wien unter Bezugnahme auf europäische und globale Konzepte präsentiert werden.

1.2 LTER ALS GLOBALER UND EUROPÄISCHER RAHMEN

LTER blickt auf eine vierzigjährige Geschichte zurück. Seit den 70er-Jahren des vorigen Jahrhunderts sah man sich mit komplexen und überregionalen Umweltproblemen wie Bodenversauerung und Waldsterben konfrontiert. In dieser Phase umfasste LTER primär die naturwissenschaftliche Komponente der ökologischen Langzeitforschung, die darauf abzielt, ökosystemare Prozesse, Muster und Phänomene besser zu verstehen, zu analysieren und zu dokumentieren.

Man hatte erkannt, dass (1) die zeitliche Dimension der Entstehung, des Ablaufs und der Veränderung solcher Muster und Prozesse weit über die übliche Laufzeit von Projekten (3 – 5 Jahre) hinausgeht, (2) die räumliche Dimension von Prozessen nicht auf einzelnen Standorten abzubilden war und (3) vergleichbare Methoden und Ansätze für ein „up-scaling“ Voraussetzungen sind. Gefordert waren also **Langzeit-Studien** und die Bearbeitung von Fragestellungen in einem **Netzwerk von Standorten**. Zudem gewann die **Untersuchung ganzer Ökosysteme** (Wasserhaushalt, Stoffbilanzen) gegenüber der Untersuchung von Einzelaspekten an Bedeutung. Ein neuerer Begriff, der sich auf integrierende Ansätze jener Schicht des Globus bezieht, in der sich Leben abspielt, ist „**Critical Zone Research**“ (NRC 2001).

In **Umsetzung** dieser Erkenntnis entwickelte die US National Science Foundation (NSF) das erste nationale LTER Netzwerk, das die Erhebung von Datenreihen zu den wichtigsten ökosystemaren Prozessen über lange Zeiträume mit derselben Methodik an verschiedenen Standorten ermöglichte und diese für Vergleiche zwischen Standorten nutzbar machte („cross-site comparisons“). Das Konzept war in den USA so erfolgreich, dass es zum Nukleus für ein globales Netzwerk wurde (s. Info-Box 1).

Da in Europa aufgrund seiner hohen Bevölkerungsdichte und langen Nutzungsgeschichte ein großer Teil der Fläche mehr oder weniger intensiv menschlich genutzt wird, während natürliche und naturnahe Ökosysteme nur mehr auf einem kleinen Teil der Fläche vorhanden sind, lag es nahe, bei der Übertragung des LTER Konzepts auf Europa den Aspekt der menschlichen Nutzung stärker in den Vordergrund zu stellen (Mirtl 2010). Dies führte zur **Entwicklung des LTSEK Konzepts** (Long-Term Socio-Ecological Research), bei dem Europa und Österreich eine weltweit führende Rolle einnehmen (siehe Kapitel 1.3). Ein Referenzwerk wurde unter österreichischer Führung 2013 veröffentlicht (Singh et al., 2013). Das FP6 Network of Excellence „ALTER-Net“ testete die Umsetzung des LTSEK Konzepts in europäischen Pilot-Regionen (s. Info-Box 1). Damit wird auch der Herausforderung Rechnung getragen, wissenschaftliche Grundlagen für ein nachhaltigeres Management von Ökosystemen und damit für das Ziel einer nachhaltigeren Entwicklung zu erarbeiten.

Zirka **45 nationale Netzwerke** der ökologischen Langzeitforschung (**LTER**: Long-Term Ecosystem/Ecological Research) haben sich im **International Long-Term Ecological Research Network** zusammengeschlossen (ILTER). Der globale Verbund von Forschungsstandorten deckt unterschiedlichste Ökosystemtypen (Wald, Grasland, Städte...) quer über Klimazonen ab und schafft ein einzigartiges Langzeitdatensystem.

➔ www.lter-europe.net

Das globale Netzwerk **ILTER** ist in Regionalgruppen organisiert, wie z.B. „Nordamerika“, „Pazifischer Raum“ etc. Das Network of Excellence **ALTER-Net** (FP6, <http://ec.europa.eu/research/fp6>) hat eine gesamteuropäische Regionalgruppe seit 2004 konzeptiv vorbereitet. **LTER-Europe** (Long-Term Ecosystem Research Network Europe) wurde von west- und osteuropäischen Partnern 2007 formal gegründet und konnte bis 2014 auf 24 Mitgliedsländer ausgeweitet werden.

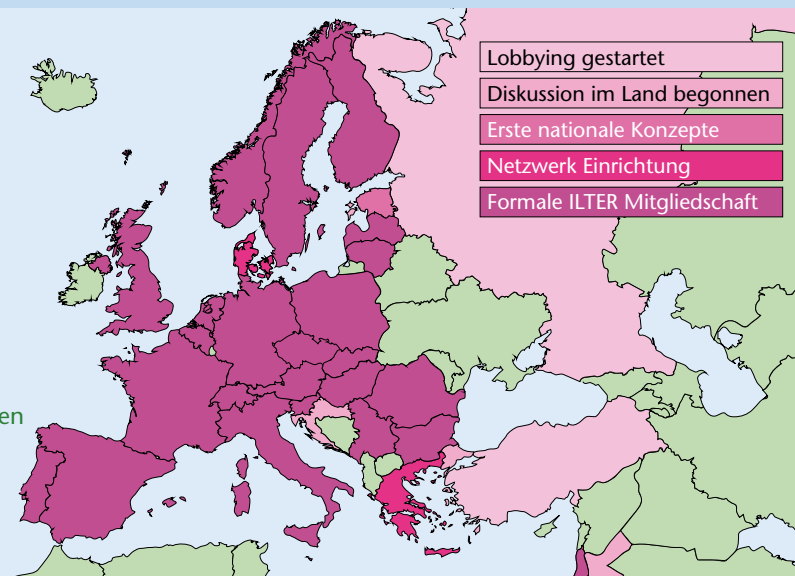
➔ www.alternet-info.net

LTER-Europe, ein Netzwerk von...

- Wissenschaftlern („Community“)
- LTER Sites
- LTSER Plattformen
- Daten und Metadaten
- nationalen Netzwerken
- Institutionen
- Disziplinen
- standortbasierter Forschung

und ein...

- Teil des Netzwerks von Netzwerken
- forschungsstrategischer Prozess



Das **in-situ Netzwerk** von LTER-Europe umfasst ca. **35 LTSER Plattformen** (s. Kapitel 1.3), d.h. komplexen Forschungsinfrastrukturen für sozio-ökologische Forschung, in denen die wichtigen Naturräume Europas exemplarisch beforscht werden. Der zweite Typ von Infrastrukturen sind die ca. **400 traditionellen LTER Sites**.

LTER-Europe entwickelte sich zu einer maßgeblichen **Komponente des Europäischen Forschungsraumes** (Netzwerk der Netzwerke). LTER-Europe kooperiert mit diversen ESFRI- und Infrastruktur-Projekten wie der e-Infrastruktur **LifeWatch**, für das es eine komplementäre in-situ Komponente darstellt, ICOS oder ExpeER (Integration mit experimentellen Ansätzen). Daneben erfolgt die Definition von Synergien und Schnittstellen zu Schlüsselprogrammen, Netzwerken und Institutionen wie UNESCO/Biosphere Reserves, UNECE/ICPs, European Environment Agency, GEO-BON/EUBON, Copernicus, Natura2000, ENVRI, EUDAT etc.

Für LTER-Europe liegt ein zentrales **Referenz-Dokument** vor, das Design, Standorttypen, wissenschaftliche Strategie, geopolitische Verbreitung, Verwaltungsstrukturen sowie Services und Schnittstellen zu anderen relevanten Netzwerken und Prozessen beschreibt (Mirtl et al. 2009). Ein substanzieller nächster Schritt zur Datenintegration wurde mit dem Horizon2020 Projekt „eLTER“ im Januar 2015 bewilligt (Kooperation mit der Critical Zone community, 15 aus 15 Punkten im internationalen Review). 2014 wurde LTER-Europe auch in der „ESFRI Landscape“ im Bereich Umwelt verortet. Ein ESFRI Proposal ist für März 2015 in Vorbereitung.

LTER hat sich zu einem wesentlichen Baustein in der Europäischen Infrastruktur der Ökosystem- und Umweltforschung entwickelt. LTER-Europe arbeitet an der Definition von Schnittstellen zu anderen europäischen Netzwerken in diesem Bereich und im Umweltmonitoring (UNECE ICP Integrated Monitoring, UNECE ICP Forests, UNESCO Biosphere Reserves, EEA ...). Umweltmonitoring spielt eine wesentliche Rolle zur Bereitstellung von Basis-Langzeitdaten, die in der Langzeitforschung unabdingbar sind (siehe Kapitel 1.4).

All diese Aktivitäten haben wegen der Anforderung, aus Effizienz-Gründen auf nationaler Ebene die Integration von Infrastrukturen, Netzwerken und Datenbeständen voranzutreiben, direkte Bedeutung für Österreich und LTER-Austria. Das spiegelt sich im österreichischen Konsortium der LTER Institutionen wider, das Träger des Umweltmonitorings (z.B. Umweltbundesamt, BFW) und akademische Institutionen umfasst.

Die folgende Abbildung (Abb. 1) bietet eine Übersicht zur Einbettung in die Infrastruktur-Landschaft. Der Zweck der Abbildung liegt in einer Gruppierung der Elemente dieser Landschaft (z.B. in-situ Infrastrukturen). LTER hat vielfältige Beziehungen und Kooperationen (teilweise in MoUs formalisiert), deren Beschreibung den Rahmen des White Paper sprengen würde. In vielen Fällen spiegeln sich dieser europäische (und globale) Kontext und Beziehungen zwischen diesen Elementen in der nationalen Organisation. Das ist auch erklärtes Ziel von LTER-Austria. Im Kapitel 7 finden sich Optionen, wie eine solche nationale Organisation in Österreich aussehen könnte.

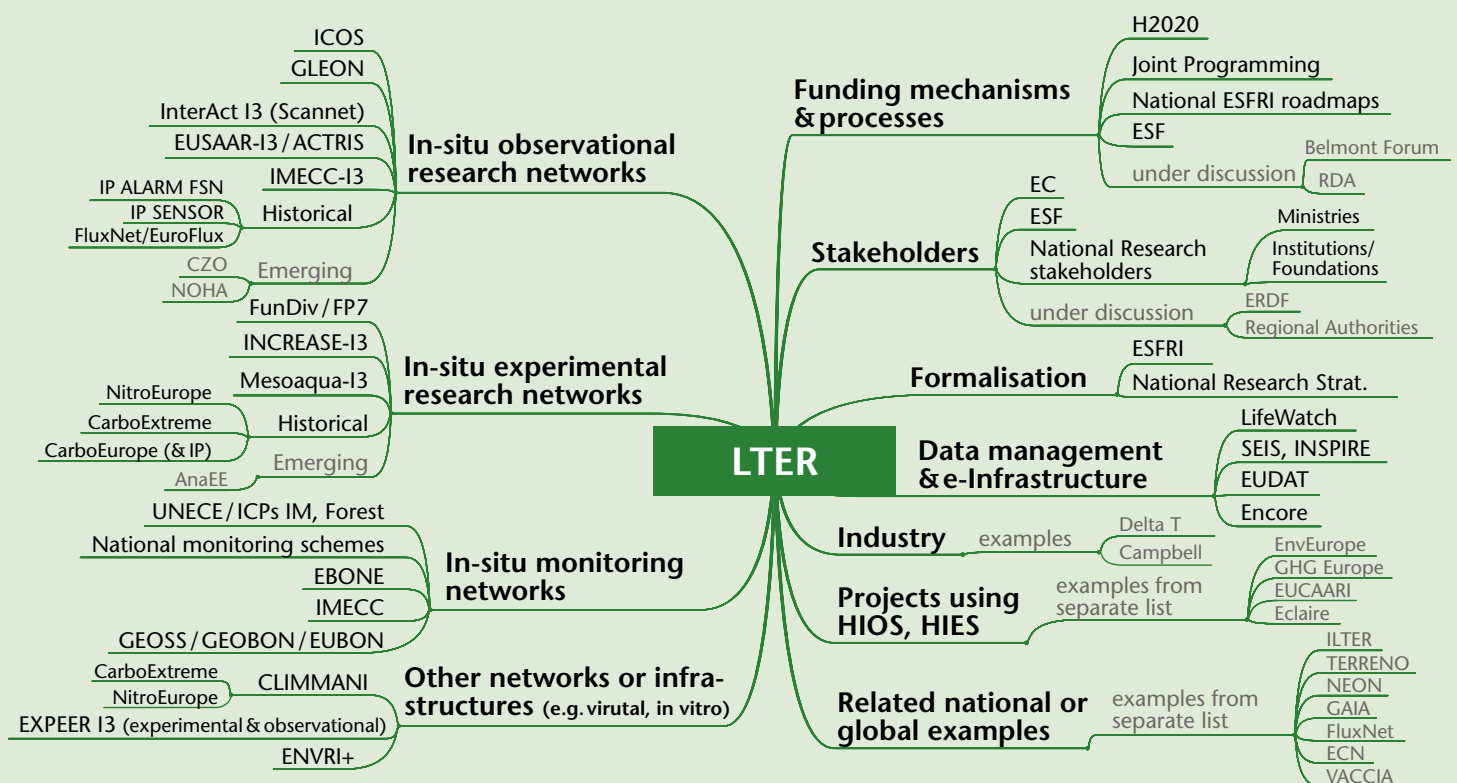


Abb. 1: „Landschaft“ der Ökosystemforschung in Europa: Die Hauptäste bedeuten Sektoren wie (links oben) beobachtende oder experimentelle Infrastrukturen. Links befinden sich die Äste für in-situ Infrastrukturen (Netzwerke von Standorten), rechts sonstige relevante Elemente wie z.B. e-Infrastrukturen für Datenmanagement.

1.3 „NEXT GENERATION LTER“

Da Ökosysteme in starker Interaktion zu menschlichen Aktivitäten stehen, wurde das LTER System um die Jahrtausendwende erweitert, um Prozesse der Gesellschaft-Natur-Interaktion miterfassen zu können. So entstand das LTSEK Konzept (Long-Term Socio-Ecological Research): Es hat langfristige Veränderungen im Zusammenspiel von sozio-ökonomischen und ökologischen Systemen und deren Wechselwirkungen mit dem globalen Wandel zum Gegenstand. Damit trägt es zu einer integrierten Nachhaltigkeitsforschung bei. In Europa ist LTSEK integraler Bestandteil von LTER-Europa.

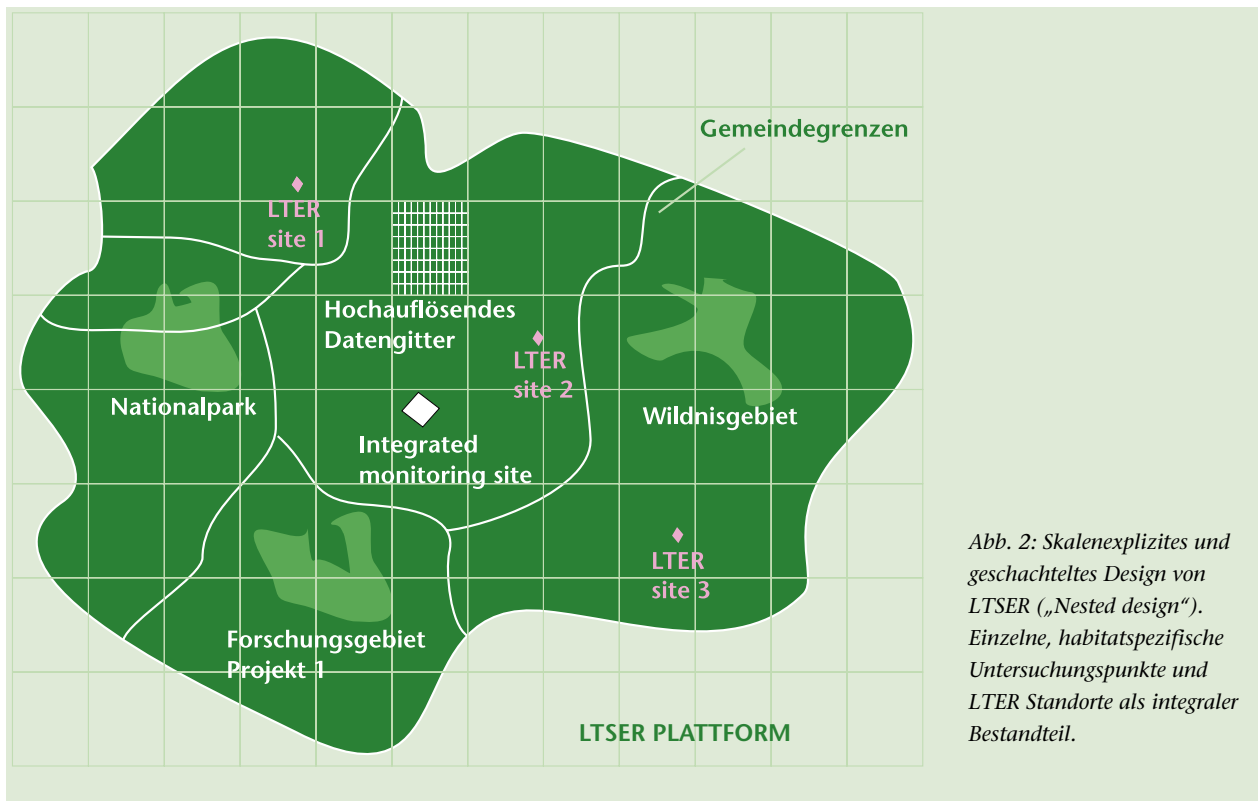
Unter österreichischer Führung wurde 2013 das derzeitige Referenzwerk zu LTSEK bei Springer publiziert (Singh et al. 2013). Die spezielle Rolle und Umsetzung in Europa beleuchten Mirtl et al. (2013) in diesem Werk. In LTSEK werden ganze Landschaften mit ihren vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Naturraum zum Untersuchungsobjekt. LTSEK kombiniert soziale, wirtschaftliche und nutzungsgeschichtliche Aspekte mit der klassischen ökologischen Langzeitforschung. So lassen sich gesellschaftlich geprägte Phänomene wie etwa Jagd und Wildtiermanagement, die Errichtung sowie Wechselwirkung von Schutzgebieten mit ihrem Umland oder die Effekte von Veränderungen in Produktion und Konsum auf Ressourcenbedarf, Landnutzung und Ökosysteme erforschen. LTER-Europa beinhaltet sowohl LTSEK als auch ‚klassisches‘ LTER. Die Ausweitung des Konzeptes erhöht auch den gesellschaftlichen Nutzen der prozessorientierten Ökosystemforschung an traditionellen LTER Sites, weil es erlaubt, ihre Ergebnisse in einen für die Gesellschaft bedeutsamen Rahmen zu stellen.

Ein Schwerpunkt von LTSEK liegt auf Regionen, die naturräumliche, kulturelle und nutzungsgeschichtliche Einheiten darstellen, wie z.B. die „Eisenwurz“ im österreichischen Kernraum oder die „Tyrolean Alps“. LTSEK erfordert daher eine andere Forschungsinfrastruktur, die sogenannten **LTSEK Plattformen**. Dabei handelt es sich um **regionale Cluster von Forschungs- und Monitoring-Einrichtungen/-projekten**, die intern gut abgestimmt und international hochgradig vernetzt sind. Sie sind ebenso Plattformen für die Kooperation unterschiedlichster Fachgebiete (Interdisziplinarität) wie auch zwischen der Forschung und den Anwendern und Anwenderinnen (Transdisziplinarität). Forschungs-Fragestellungen von regionaler Relevanz werden gemeinsam erarbeitet und die Ergebnisse auch regional verwertet (Partizipation, Bildung).

DAS KONZEPT DER LTSEK PLATTFORMEN BERÜCKSICHTIGT DREI FUNKTIONALE EBENEN:

- Physische Infrastruktur: Messeinrichtungen, Institutionen, Daten (Demografie, Siedlungsmuster, Landnutzung, Wirtschaft, Naturraum etc.)
- Kommunikationsraum, Konzepte, Vernetzung: gemeinsame Sprache, inhaltliche Schwerpunktbildung, Methoden- und Modellentwicklung, Partizipation, Transdisziplinarität, nationale und internationale Vernetzung
- Konkrete Projekte: „Produktions-Schicht“, die unter Nutzung der LTSEK Dienstleistungen und LTSEK Infrastruktur Produkte liefern soll, die in anderem Kontext nicht herstellbar wären – exzellente und innovative Forschung

Die **LTER Sites innerhalb der Forschungsplattformen** bilden wichtige Elemente des skalenexpliziten und geschachtelten Designs von LTSEK („Nested design“, siehe Abb. 2). Demgemäß repräsentieren die LTER Sites wichtige Habitattypen der Landschaften in einer LTSEK Plattform. Ökosystem-Prozesse werden vom Niveau kleinräumigster Aufnahmeflächen („Plots“) über Kleineinzugsgebiete bis zur Landschaftsebene untersucht. Eine besondere Rolle im „Nested design“ nehmen (Schutz-)Gebiete wie Nationalparks, Naturparks, Biosphärenparks, Wildnisgebiete etc. ein, da durch entsprechend gekoppelte Inventursysteme die Repräsentativität kleinräumiger Standorte innerhalb dieser Gebiete für das Gesamtgebiet empirisch beurteilt werden kann. Das ermöglicht die Umlegung von lokalen Messdaten auf die Region sowie von regionalen Messungen (z.B. der Luftqualität) auf kleinskaligere Standorte (upscaling, downscaling). Wichtig ist auch ein Bezug zu administrativen Grenzen (z.B. Gemeinde- oder Bezirksgrenzen, da einerseits über sie ein Bezug zum politischen System hergestellt werden kann, andererseits weil viele sozio-ökonomische und naturräumliche Daten der amtlichen Statistik, die für LTSEK unerlässlich sind (z.B. Bevölkerungszahlen, Gebäude, Agrar- und Forststatistik, Verkehrswege usw.), nur auf Ebene administrativer Einheiten wie Katastralgemeinden, Gemeinden, Bezirke oder Bundesländer vorliegen.



Der **Mehrwert** von Forschungsplattformen liegt vor allem darin, dass sie es ermöglichen, integrierte sozio-ökologische Fragen (Gesellschaft-Natur-Interaktion), d.h. Fragen der Nachhaltigkeitsforschung, zu bearbeiten, die auf Plot-Ebene gar nicht gestellt werden können. Sie sind damit die Voraussetzung für interdisziplinäre Kooperation, Arbeitsteilung und die Möglichkeit von LTSE, gesellschaftlich relevante Ergebnisse zu liefern. Dies kann am Beispiel Luftschadstoffe verdeutlicht werden: Aufwändige und teure Messungen von Schadstoffeinträgen werden nur an wenigen Orten durchgeführt. Dafür gibt es aber eine Reihe von Untersuchungen zur Wirkung von Schadstoffen in den verschiedensten Ökosystem-Typen. Durch die gemeinsame Nutzung dieser Messdaten und den regionalen Ansatz können Verursacher identifiziert, Auswirkungen auf Ökosysteme dargestellt und Vorschläge für Verbesserungen im Ressourcenmanagement erarbeitet werden.

LTSE STELLT HOHE ANSPRÜCHE HINSICHTLICH DES FORSCHUNGSANSATZES UND DER DAFÜR NÖTIGEN RAHMENBEDINGUNGEN:

- Skalen-übergreifender Ansatz im Rahmen der Betrachtung von kleinräumigen Prozessen und Trends in einzelnen Ökosystem-Typen, wie z.B. Wald oder Grünland, bis hin zu flächendeckenden Analysen ganzer Regionen. Dabei sollen die Ergebnisse jeder Skalenebene für die anderen Ebenen maximal nutzbar sein: „Regionalisierung“.
- Integrative und interdisziplinäre Untersuchung der Wechselwirkungen sozialer, kultureller, wirtschaftlicher und ökologischer Faktoren („Gesellschaft-Natur-Interaktion“) im regionalen Kontext.
- Fokussierung und Effizienzsteigerung der Forschungsaktivitäten und Forschungspotenziale durch die Nutzung von inhaltlichen Synergien, bestehenden Daten und Infrastrukturen.
- Harmonisierung von regionaler und internationaler Forschung durch die Koppelung von lokalen, regionalen, nationalen und internationalen Forschungsprojekten. Einbringung der Forschungsplattformen in internationale Projekte mit dem Ziel einer maximalen Arbeitsteilung.
- Modellbildung und Szenarienentwicklung zur Erleichterung und wissenschaftlichen Fundierung von Entscheidungsfindungen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene – politikrelevante Information auf der Basis der LTER Datenbanken und des LTER Know-hows.

1.4 WECHSELWIRKUNG VON MONITORING UND FORSCHUNG IN LTER

Eine Schlüssel-Qualität von LTER liegt in der Analyse von langfristigen Trends quer über Elemente des Systems und in der Einbettung kurzfristiger Projekte in diese Information. Trends können jedoch nur über verlässliche Monitoringdaten ermittelt werden (Standards bei Methoden und Instrumenten, Qualitätssicherung), die teilweise trotz gesetzlicher Vorgaben derzeit nicht immer in ausreichendem Maße vorliegen.

- ➔ **BEISPIEL:** Die EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) verpflichtet die Mitgliedsstaaten, einen guten ökologischen und chemischen Zustand in allen natürlichen Gewässern bis 22. Dezember 2015 zu erreichen. Das in der Wassergütererhebungsverordnung (WGEV) gemäß den Vorgaben der WRRL geregelte nationale Gewässer-Monitoringprogramm ist mit seiner geringen Probennahme-Frequenz jedoch nicht geeignet, die Auswirkungen von Extremereignissen wie dem „Jahrhunderthochwasser“ 2013 auf die Gewässerqualität hinreichend zu erfassen. Ferner sind nicht nur die aquatischen Bereiche selber zu erfassen, sondern ebenfalls die im direkten Austausch mit dem Gewässer stehenden (semi-)terrestrischen Bereiche. Das Einzugsgebiet eines Gewässers oder eines Sees hat mit seinen räumlichen und zeitlichen Veränderungen von Landnutzung und Landbedeckung einen maßgeblichen Einfluss auf die Wasserqualität. Die auf den detaillierten Messungen an den LTER Standorten beruhenden Erkenntnisse und Empfehlungen sowie deren integrierten Betrachtungen mit dem Einzugsgebiet stellen somit Service-Leistungen von nationaler und EU-weiter Relevanz dar.

Für LTER Standorte bedeutet also das komplementäre Langzeit-Monitoring (Long-Term Ecosystem Monitoring, LTEM) eine ressourcenintensive Standard-Aufgabe, die zwar eng mit der Forschung selbst verknüpft ist, sich aber im Tätigkeitsprofil und den dafür nötigen Qualifikationen sowie Finanzierungsmechanismen deutlich von Forschungsprojekten unterscheidet (stabiles Basisbudget, langfristig involviertes Personal, gesichertes Datenmanagement).

Monitoring benötigt auch eine Palette „harter“ Infrastruktur, die permanent zur Verfügung stehen muss, wenn es dem internationalen state-of-the-art genügen soll, z.B. leistungsstarke Stromversorgung für Thermostatisierung, stabile Datenübertragung, ganzjährig befahrbare Wege, Schneeräumung, Messtürme. Gleichzeitig haben viele Forschungsfragestellungen eine Komplexität erreicht, deren Bearbeitung nur mehr mit hohem apparativen Aufwand und in experimentellen Ansätzen zu begegnen ist. Gute Beispiele dafür sind Messungen zum Treibhausgas-Haushalt von Ökosystemen mit einer Kombination aus atmosphärischen Messungen und Vertikalprofilen vom Boden über die Vegetation bis zur freien Atmosphäre (siehe ICOS in Kapitel 6 auf Seite 45) sowie Einrichtungen zur Untersuchung des Boden-Stickstoffhaushalts.

Messstelle Zöbelboden: © Michael Mirtl



Dies ist einer der Gründe für die europäische Diskussion und den Trend zur Konzentration von Forschungsaktivitäten auf „Super sites“ oder – in der Terminologie von LTER – „LTER Master Sites“.

Gleichzeitig startete die Europäische Umweltagentur (EEA) Expertengespräche zur Re-Organisation der Europäischen Monitoringsysteme. Ein entsprechendes Projekt „Monitoring 2015“ steht auch in Österreich seit Jahren in den Startlöchern. Die zentrale Frage ist, inwieweit die derzeit zumeist sektoral beobachteten Parameter und Messnetze geeignet sind, sich abzeichnende Fragestellungen zu beantworten oder einer integrierten Umweltbewertung zu dienen („Integrated Assessment“). Dies stellt einen thematischen Berührungspunkt zu LTER dar, das im Design seiner Standorte seit Jahrzehnten die Integration von medienbezogenem Monitoring (Boden, Wasser, Luft, Vegetation etc.) betreibt und Trends und Wechselwirkungen medienübergreifend auswertet. Im Sinn der Vielfachnutzung von Monitoring-Daten wurden LTER Standorte vielfach zu Andock-Punkten für mehrere Monitoringsysteme. Hier bietet sich daher die Chance für Methoden- und Indikatorenentwicklung sowie -validierung, was besonders für die Verbindung zu gesetzlichen Richtlinien wie der oben genannten WRRL von Bedeutung ist. Die Bearbeitung von Forschungsfragestellungen benötigt in vielen Fällen ein Basismonitoring, das weit über das Standard-Programm sektoraler Monitoringsysteme hinausgeht (zeitliche und räumliche Dichte, Messgenauigkeit) und im europäischen Rahmen koordiniert werden muss. Dies eröffnet Möglichkeiten von transdisziplinären Forschungsweisen, bei denen nicht nur verschiedene Disziplinen eine holistisch-integrative Betrachtungsweise anstreben, sondern Belange, Wissen und Erfahrungen der lokalen Bevölkerung (z.B. Landwirten, Forstwirten, Tourismusbeauftragten, Gemeindevertretern) mit einbeziehen. Nur so kann eine umweltgerechte, nachhaltige Entwicklung unter Berücksichtigung sozio-kultureller Gegebenheiten mit ökonomisch sinnhaftem Handeln vorangetrieben werden.

In weiten Bereichen ist also der „Betrieb“ von LTER Standorten synonym mit den Basis-Messungen und der Bereitstellung qualitätsgesicherter Daten. **Die damit verbundenen Kosten und Routinetätigkeiten sind einer der Gründe dafür, dass Universitäten in Österreich strukturell kaum in der Lage sind, den Betrieb von LTER Standorten langfristig zu sichern.** Die Notwendigkeit von Arbeitsteilung und dem nahtlosen Zusammenspiel von Basis-Betrieb, Trendanalysen, kurz- und langfristigen Forschungsprojekten sowie die effiziente Nutzung der für beides erforderlichen Infrastrukturen erfordern eine gut organisierte Partnerschaft (s. Abb. 3), für die LTER den Rahmen bietet (vorgeschlagene Struktur für ein Forschungscluster LTER-Austria in Abb. 14 in Kapitel 7.3.1.

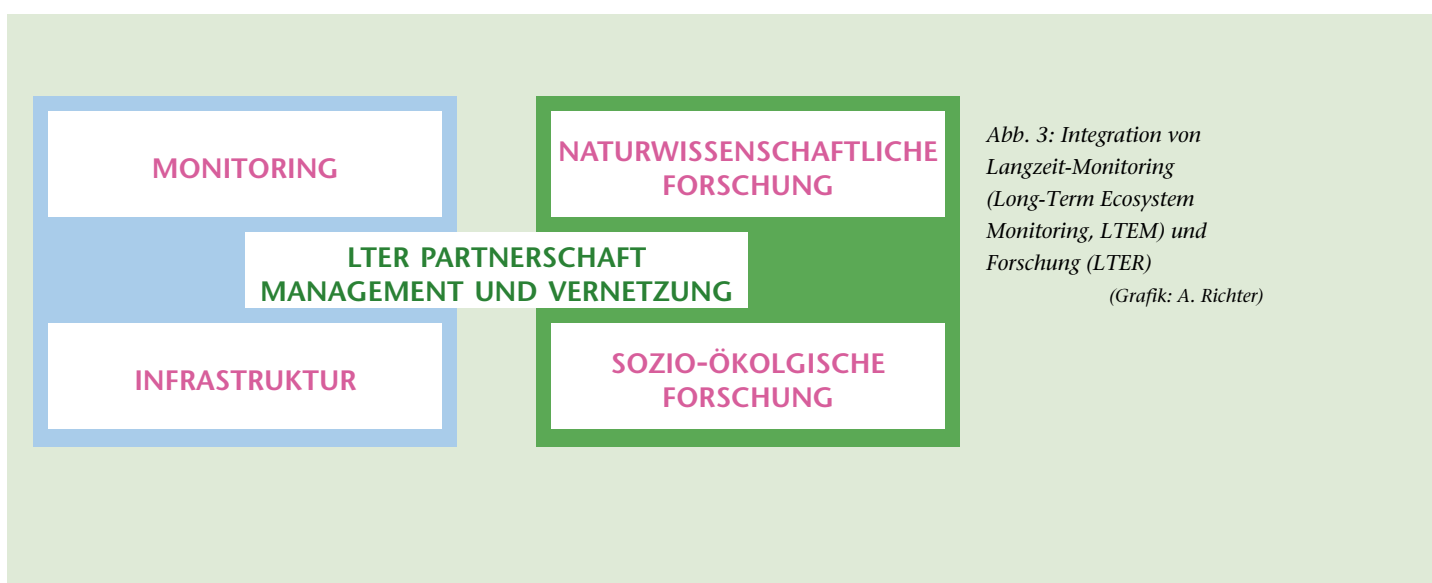


Abb. 3: Integration von Langzeit-Monitoring (Long-Term Ecosystem Monitoring, LTEM) und Forschung (LTER)

(Grafik: A. Richter)

Das Annex-Kapitel 8.2 widmet sich dem Wechselspiel zwischen Umweltmonitoring und LTER aus der europäischen Perspektive.

1.5 LTER-AUSTRIA

1.5.1 PROFIL UND PROZESS

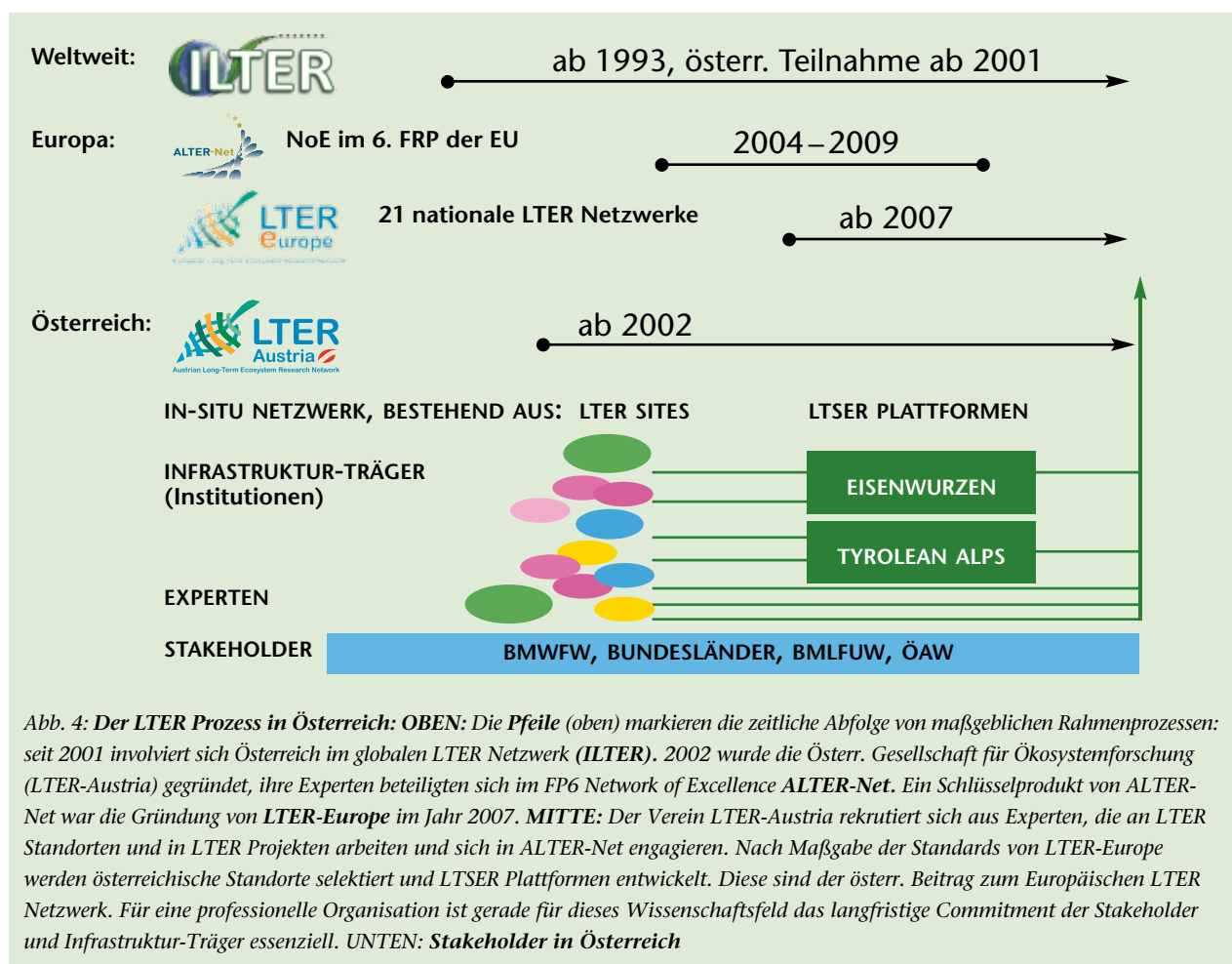
Die Österreichische Gesellschaft für Langzeitforschung, LTER-Austria, wurde im Oktober 2002 gegründet. Seit diesem Jahr bringt sich Österreich maßgeblich in den internationalen LTER Prozess ein (ALTER-Net, ILTERN), obwohl eine geregelte Dauerfinanzierung und institutionelle Verankerung noch aussteht. Derzeit hat Österreich den Vorsitz des Europäischen LTER Netzwerkes inne.

LTER-Austria versteht sich als Interessenvertretung der ökologischen und sozio-ökologischen Langzeitforschung und deckt den Forschungs-Fokus des Critical Zone Konzepts mit ab. Alle maßgeblichen Institutionen und Infrastrukturträger sind in LTER-Austria vertreten.

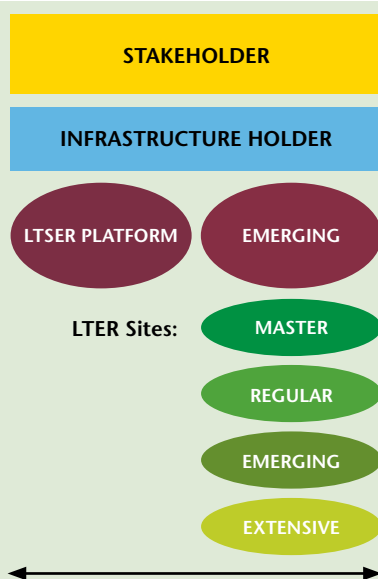
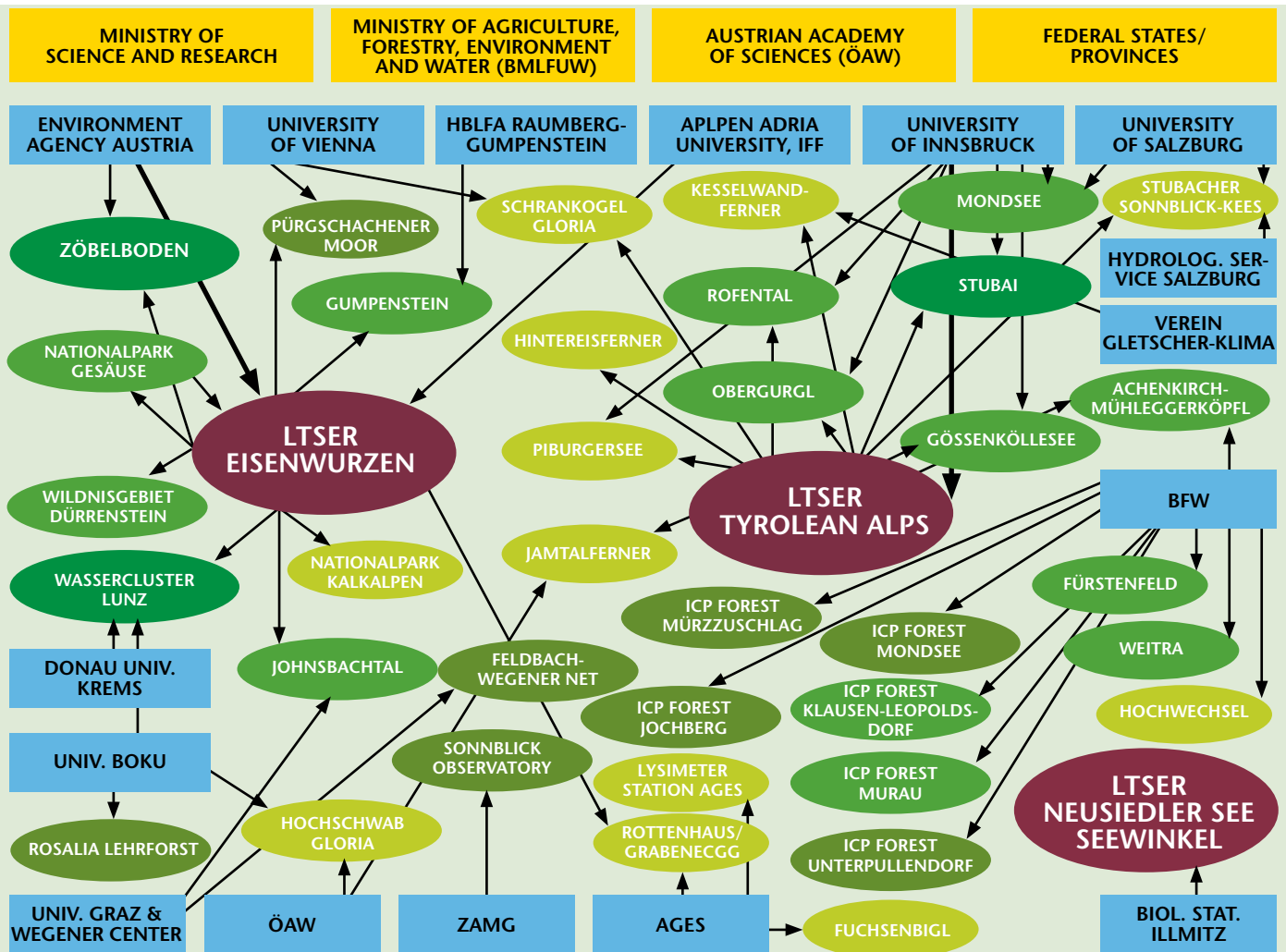
In Anlehnung an das internationale Konzept versteht sich das Netzwerk LTER-Austria als

- Netzwerk von in-situ Komponenten (LTSE Platforms, LTER Sites)
- Gemeinschaft von Wissenschaftlern und wissenschaftlichen Institutionen (Community) mit einem inhaltlichen Grundkonsens (LTER-Austria White Paper)
- Transmissionsriemen zu Stakeholdern (EntscheidungsträgerInnen und PraktikerInnen) zur gesicherten Entwicklung von Infrastruktur und zur Absicherung einer konkurrenzfähigen Ökosystemforschung in Österreich.

Der LTER Prozess in Österreich wird in Abb. 4 veranschaulicht.



Eine besondere Errungenschaft von LTER-Europe liegt in der vergleichbaren Darstellung der Organisation und Verankerung der nationalen LTER „Communities“ und ihrer Standorte quer über alle Mitgliedsstaaten in den sogenannten „LTER National Mind Maps“. Die österreichische Mind Map findet sich in Abb. 5.



LEGEND

Key stakeholder, funding body

Institute which is member of the national network and responsible for a LTER Site and/or LTSEIR Platform (Infrastructure holder)

LTSEIR platform. Usually managed by an institute.

LTSEIR Site (within an LTSEIR platform or self contained). Usually managed by an institute acting as infrastructure holder.

Managed by/belongs to

Abb. 5: „Mind Map“ von LTER in Österreich zeigt die Vernetzung von Stakeholdern (GELB), Träger-Institutionen (BLAU), LTSEIR Plattformen (DUNKEL ROT) und LTSEIR Standorten (GRÜN). Einige Standorte sind potenzielle Standorte, deren Klassifizierung und Dokumentation noch zu klären ist.

1.5.2 DAS IN-SITU NETZWERK VON LTER-AUSTRIA

Die Entwicklung der österreichischen ökologischen Langzeitforschung (LTER) baute auf einer bundesweiten Recherche des Österreichischen Netzwerks für Umweltforschung (ÖNUF) zu Projekten und Einrichtungen der Ökosystem-Forschung auf.

Zwei Bereiche mit großen Konzentrationen solcher bestehender Infrastrukturen (LTER Sites) und aktiven Forschungsteams empfahlen sich für die Einrichtung der genannten LTSEr Plattformen:

- LTSEr „Eisenwurz“
(nördöstliche Kalkalpen inklusive des Alpenvorlandes in Oberösterreich, Niederösterreich und der Steiermark)
- LTSEr „Tyrolean Alps“ (Öztaler und Stubai Alpen, Tirol)

Die Einrichtung ist im Fall der Forschungsplattform Eisenwurz weit fortgeschritten und im Fall der Forschungsplattform Tyrolean Alps laufend. Eine weitere vorgeschlagene Plattform im pannonischen Osten „Seewinkel“ wurde in der Aktualisierung des Management-Plans des Biosphären-Reservats vorbereitend berücksichtigt und jüngst als „emerging LTSEr Plattform Neusiedler See-Seewinkel“ registriert. Der komplexe Standort „Mondsee“ entwickelte über die letzten Jahre Teilaspekte einer LTSEr Plattform.

LTER Standorte sind a) integrale Bestandteile von LTSEr Plattformen und b) ergänzen außerhalb dieser das LTER Netzwerk um wichtige Naturräume und Indikator-Standorte für steuernde Faktoren wie Klimawandel. Die Tabelle Tab. 1 zeigt einen Überblick über die österreichischen LTER Standorte und LTSEr Plattformen. Die Struktur der Tabelle reflektiert die Organisation des nationalen Pools an Ökosystemforschungs-Infrastruktur im LTER Bereich.

- LTSEr Plattform Eisenwurz
 - Standorte der Plattform in alphabetischer Reihenfolge
- LTSEr Plattform Tyrolean Alps
 - Standorte der Plattform in alphabetischer Reihenfolge
- Andere LTER Sites in alphabetischer Reihenfolge

Abb. 5 in Kapitel 1.5.1 zeigt die Organisationsstruktur der Standorte und Plattformen (Trägerinstitutionen etc.) und Abb. 6 die Lage der LTER Standorte und LTSEr Plattformen in Österreich.

TAB. 1: Folgende österreichische LTER Standorte wurden bis Ende 2013 in die europäische und globale LTER Datenbank gemeldet, ausreichend dokumentiert und von LTER-Europa akkreditiert:

	KURZBE- ZEICHNUNG SITE	STAND- ORT- TYP	GE- HÖRT ZU	KATEGO- RIE	HABI- TAT- TYP*	TRÄGERINSTITUTION	KONTAKTPERSON E-MAIL & WEBSITE	ANZAHL WISS. **
	LTSEr Platt- form Eisen- wurz (EW) LTER_EU_AT_001	LTSEr Plattform		Regular	Forest	Umweltbundesamt GmbH	Andrea Stocker-Kiss andrea.stocker-kiss@ umweltbundesamt.at www.plattform- eisenwurz.at	25
	Feldbach – WegenerNet LTER_EU_ AT_029_002	Simple Site	LTSEr EW	Emerging	Agricul- tural	Wegener Center für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz	Gottfried Kirchengast gottfried.kirchengast@ unigraz.at	4
	HBLFA Raumberg- Gumpenstein LTER_EU_AT_006	Complex Site	LTSEr EW	Regular	Grass- land	HBLFA Raumberg- Gumpenstein	Renate Mayer; renate.mayer@raum- berg-gumpenstein.at; www. raumberg-gumpenstein.at	

	KURZBE- ZEICHNUNG SITE	STAND- ORT- TYP	GE- HÖRT ZU	KATEGO- RIE	HABI- TAT- TYP*	TRÄGERINSTITUTION	KONTAKTPERSON E-MAIL & WEBSITE	ANZAHL WISS. **
	Hochschwab GLORIA LTER_EU_AT_007	Simple Site	LTSER EW	Extensive	Montane	Österr. Akademie der Wissenschaften/Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung & BOKU/Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit	Harald Pauli harald.pauli@oeaw.ac.at http://www.gloria.ac.at	
	Johnsbachtal LTER_EU_ AT_029_001	Simple Site	LTSER EW	Regular	Montane	Institut für Geographie und Regional- forschung, Universität Graz	Oliver Sass oliver.sass@uni-graz.at	10
	Nationalpark Gesäuse LTER_EU_AT_005	Complex Site	LTSER EW	Regular	Forest	Nationalpark Gesäuse GmbH	Daniel Kreiner daniel.kreiner@nationalpark. co.at www.nationalpark.co.at	60
	Nationalpark Kalkalpen LTER_EU_AT_008	Complex Site	LTSER EW	Extensive	Forest	Nationalpark OÖ Kalkal- pen GmbH	Hartmann Pölz hartmann.poelz@ kalkalpen.at	
	Pürg- schachener Moor LTER_EU_AT_041	Simple Site	LTSER EW	Emerging	Peatland	Univ. Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung	Stephan Glatzel stephan.glatzel@ univie.ac.at Simon Drollinger simon.drollinger@ univie.ac.at	5
	Rottenhaus/ Grabenegg LTER_EU_AT_038	Simple Site	LTSER EW	Extensive	Cropland	Österr. Agentur für Gesundheit u. Ernäh- rungssicherheit (AGES)	Heide Spiegel adelheid.spiegel@ages.at www.ages.at	5
	WasserCluster Lunz LTER_EU_AT_010	Simple Site	LTSER EW	Master	Fresh- water	Univ. Wien, Univ. für Bodenkultur Wien, Donau-Univ. Krems	WasserCluster Lunz office@wkl.ac.at www.wcln. ac.at	21
	Wildnisgebiet Dürrenstein LTER_EU_AT_004	Simple Site	LTSER EW	Regular	Forest	Schutzgebietsver- waltung Wildnisgebiet Dürrenstein	Christoph Leditznig christoph.leditznig@wildnis- gebiet.at www.wildnisgebiet.at	5
	Zöbelboden LTER_EU_AT_003	Complex Site	LTSER EW	Master	Forest	Umweltbundesamt GmbH	Thomas Dirnböck thomas.dirnboeck@ umweltbundesamt.at Johannes Kobler johannes.kobler@umwelt- bundesamt.at; Ika Djukic ika.djukic@ umweltbundesamt.at; www. umweltbundesamt.at/im	25

	KURZBEZEICHNUNG SITE	STANDORT-TYP	GEHÖRT ZU	KATEGORIE	HABITAT-TYP*	TRÄGERINSTITUTION	KONTAKTPERSON E-MAIL & WEBSITE	ANZAHL WISS. **
	LTSER Plattform Tyrolean Alps (TA) LTER_EU_AT_002	LTSER Plattform		Regular	Montane	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Ulrike Tappeiner ulrike.tappeiner@uibk.ac.at	
	Achenkirch-Mühleggerköpfl LTER_EU_AT_024	Complex Site	LTSER TA	Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW)	Robert Jandl robert.jandl@bfw.gv.at www.bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=4391	10
	Gossenköllesee LTER_EU_AT_012	Simple Site	LTSER TA	Regular	Montane	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Birgit Sattler birgit.sattler@uibk.ac.at Ruben Sommaruga ruben.sommaruga@uibk.ac.at	20
	Jamtalferner LTER_EU_AT_014	Simple Site	LTSER TA	Extensive	Montane	Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, ÖAW	Andrea Fischer andrea.fischer@oeaw.ac.at www.mountainresearch.at	2
	Kesselwandferner LTER_EU_AT_016	Simple Site	LTSER TA	Emerging	Montane	Verein Gletscher-Klima	Andrea Fischer: andrea.fischer@oeaw.ac.at www.gletscher-klima.at	6
	Obergurgl LTER_EU_AT_018	Complex Site	LTSER TA	Regular	Montane	Alpine Forschungsstelle Obergurgl, Universität Innsbruck	Nikolaus Schallhart klaus.schallhart@uibk.ac.at http://www.uibk.ac.at/afo	35
	Patscherkofel LTER_EU_AT_019	Simple Site	LTSER TA	Closed (1963-2008)	Montane	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Gerhard Wieser gerhard.wieser@uibk.ac.at Gilbert Neuner gilbert.neuner@uibk.ac.at	
	Piburger See LTER_EU_AT_020	Simple Site	LTSER TA	Extensive	Freshwater	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Ruben Sommaruga ruben.sommaruga@uibk.ac.at Ulrike Nickus ulrike.nickus@uibk.ac.at	
	Rofental LTER_EU_AT_042	Complex Site	LTSER TA	Regular	Montane	Institut für Meteorologie und Geophysik und Institut für Geographie, Universität Innsbruck; Kommission für Glaziologie, Bayerische Akademie der Wissenschaften	Georg Kaser georg.kaser@uibk.ac.at Ulrich Strasser ulrich.strasser@uibk.ac.at Ludwig Braun ludwig.braun@lrz.badw-muenchen.de http://imgi.uibk.ac.at/research/ice-and-climate/projects/hef	> 20

	KURZBEZEICHNUNG SITE	STANDORT-TYP	GEHÖRT ZU	KATEGORIE	HABITAT-TYP*	TRÄGERINSTITUTION	KONTAKTPERSON E-MAIL & WEBSITE	ANZAHL WISS. **
	Schrankogel (GLORIA Master Site) LTER_EU_AT_021	Complex Site	LTSER TA	Extensive	Montane	Univ. Wien, Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- u. Landschaftsökologie	Harald Pauli; harald.pauli@univie.ac.at www.gloria.ac.at/?a=42&b=56	
	Stubacher Sonnblickkees LTER_EU_AT_023	Simple Site	LTSER TA	Extensive	Montane	Hydrologischer Dienst Salzburg Universität Salzburg	Hans Wiesenegger hans.wiesenegger@salzburg.gv.at Bernhard Zigel bernhard.zigel@sbj.ac.at	
	Stubai LTER_EU_AT_015	Complex Site	LTSER TA	Master	Grassland	Institut für Ökologie, Universität Innsbruck	Ulrike Tappeiner ulrike.tappeiner@uibk.ac.at Georg Wohlfahrt georg.wohlfahrt@uibk.ac.at Michael Bahn michael.bahn@uibk.ac.at www.uibk.ac.at/ecology	75
LTER Standorte ohne Zugehörigkeit zu einer LTSE Plattform								
	Fuchsenbigl LTER_EU_AT_030	Simple Site		Extensive	Cropland	Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)	Heide Spiegel adelheid.spiegel@ages.at www.ages.at	10
	Fürstenfeld LTER_EU_AT_025	Simple Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Michael Englisch; michael.englisch@bfw.gv.at	4
	Hochwechsel LTER_EU_AT_026	Simple Site		Extensive	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Michael Englisch michael.englisch@bfw.gv.at	4
	ICP Forest Jochberg LTER_EU_AT_033	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=3833	10
	ICP Forest Klausen-Leopoldsdorf LTER_EU_AT_031	Complex Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=3983	10
	ICP Forest Mondsee LTER_EU_AT_034	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=3827	10

	KURZBEZEICHNUNG SITE	STANDORT-TYP	GEHÖRT ZU	KATEGORIE	HABITAT-TYP*	TRÄGERINSTITUTION	KONTAKTPERSON E-MAIL & WEBSITE	ANZAHL WISS. **
	ICP Forest Murau LTER_EU_AT_032	Simple Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=3832	10
	ICP Forest Mürzzuschlag LTER_EU_AT_035	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=3831	10
	ICP Forest Unterpullendorf LTER_EU_AT_036	Simple Site		Emerging	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Markus Neumann markus.neumann@bfw.gv.at http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=3818	10
	LTSER Plattform Neusiedler See – Seewinkel (NSS) LTER_EU_AT_028	LTSER Plattform		Emerging	Fresh-water	Biologische Station Neusiedler See, Illmitz	Thomas Zechmeister thomas.zechmeister@bgld.gv.at www.burgenland.at/natur-umwelt-agrar/natur/biologische-station-neusiedler-see	25
	Lysimeter-Station AGES LTER_EU_AT_040	Simple Site		Extensive	Cropland	Österr. Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)	Helene Berthold helene.berthold@ages.at Andreas Baumgarten andreas.baumgarten@ages.at	
	Mondsee LTER_EU_AT_039	Complex Site		Regular	Fresh-water	Forschungsinstitut für Limnologie, Mondsee, Universität Innsbruck; Interfakultärer Fachbereich Geoinformatik, Paris Lodron Universität Salzburg	Thomas Weisse thomas.weisse@uibk.ac.at Rainer Kurmayer rainer.kurmayer@uibk.ac.at www.oeaw.ac.at/limno Hermann Klug hermann.klug@sbg.ac.at	8
	Rosalia Lehrforst LTER_EU_AT_037	Simple Site		Emerging	Forest	Universität für Bodenkultur	Josef Gasch josef.gasch@boku.ac.at Michael Zimmermann michael.zimmermann@boku.ac.at; www.wabo.boku.ac.at/lehrforst	20
	Sonnblick LTER_EU_AT_022	Simple Site		Emerging	Montane	Zentralanst. für Meteorologie u. Geodynamik ZAMG/Sonnblickverein	Bernhard Niedermoser bernhard.niedermoser@zamg.ac.at www.sonnblick.net	50
	Weitra LTER_EU_AT_027	Complex Site		Regular	Forest	Bundesforschungs- u. Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren u. Landschaft (BFW)	Michael Englisch michael.englisch@bfw.gv.at www.sustman.de	5

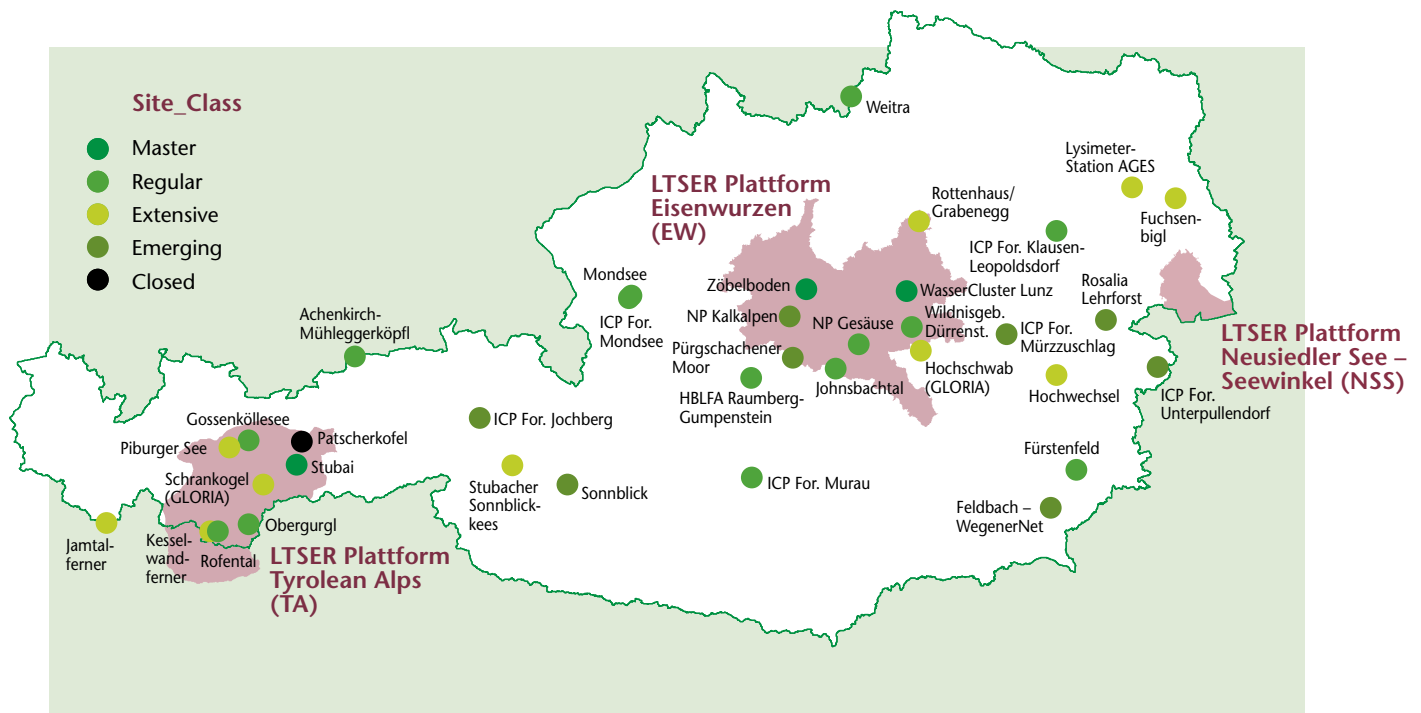


Abb. 6: Karte der österreichischen LTER Sites und LTSE Platforms

38 österreichische LTER Standorte (Sites) und LTSE Plattformen sind in das europäische und globale LTER Netzwerk gemeldet. Ein Standort wurde geschlossen (Patscherkofel), stellt aber noch eine Datenquelle dar. Die LTER Standorte verteilen sich auf die Kategorien „LTER Master Site“ (3), „Regular LTER Site“ (15) und „Extensive/Emerging Site“ (Rest). Die Beschreibung dieser Kategorien findet sich auf der LTER-Europe Website (<http://www.lter-europe.net>, Sektionen „Organisation/key documents/criteria“ und „Sites and Platforms“). LTER-Austria deckt damit die wesentlichen österreichischen Ökosystemtypen ab und trägt arbeitsteilig zum europäischen Netzwerk in 24 Ländern bei.

Von besonderer Bedeutung (s. Kapitel 1.3) sind die zwei LTSE Forschungsplattformen Regionen „Tyrolean Alps“ und „Eisenwurzen“ als Schwerpunkträume von LTER-Austria, in denen im Fall der Eisenwurzen 11 und im Fall der Tyrolean Alps 10 Standorte liegen.

Seit Einrichtung der teilweise 100 Jahre alten Standorte haben mehr als 700 Wissenschaftler dort gewirkt und einzigartige Hot spots ökologischen Wissens produziert. Derzeit arbeiten ca. 300 nationale und internationale Wissenschaftler an den Standorten bzw. mit den Daten der Standorte, wenn man jene nicht doppelt berücksichtigt, die an mehreren Standorten involviert sind. In Summe wurden an den Standorten ca. 500 Projekte abgewickelt. Diese Zahlen basieren auf einer laufenden Metadaten-Erhebung mit einem bisherigen Rücklauf von 90% und könnten entsprechend auf 100% extrapoliert werden. Wegen seiner besonderen Aufgabenstellung und Form der Datennutzung wurden die Zahlen des Sonnblicks in diese Statistik nicht einbezogen.

Die Infrastrukturen werden von 19 Institutionen betrieben. Der kumulative Infrastrukturwert des Netzwerkes beträgt ca. 7 – 9 Mio. EUR (6 Mio. EUR mehr, wenn man den Standort Sonnblick einbezieht). Als eines der ersten Länder Europas hat Österreich über die Vereinigung geeigneter Standorte von ICP Integrated Monitoring, ICP Forest, ICP Waters, EMEP etc. (Netzwerk-Analyse von COST FP0903, Oktober 2010) eine Initiative in Richtung Integration bestehender in-situ Infrastrukturen getan, wobei dies ein erster strategischer Schritt war. Die notwendige operative Integration, dafür nötige Organisation und Mittel waren wesentliche Motivationen für dieses Positionspapier. Der aktuelle strategische Rahmen im europäischen Kontext wird in Kapitel 6 beleuchtet.

Eine Kurzbeschreibung der Standorte und ihrer wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung finden sich im Anhang in Kapitel 8.1. Bei jedem Standort sind zugehörige Schlüssel-Publikationen gelistet.

1.5.3 STATUS

Das bisherige Augenmerk von LTER-Austria lag auf dem Zusammenschluss der relevanten Infrastrukturen und wissenschaftlichen Teams. Eine Forschungsgemeinschaft von über 200 Forschern, die in rund 25 Institutionen arbeiten, bezieht sich in ihrer gesellschaftlichen Verantwortung und Ausrichtung auf die ab 2005 entwickelten Konzepte für das europäische LTER (www.lter-europe.net) sowie die neuen Rahmenbedingungen im Kontext von ESFRI, zu dessen „Landscape“ LTER im Bereich „Umwelt“ gehört.

Soweit das im Bottom-up-Ansatz möglich war, entstand ein Netzwerk, das sich formal im europäischen Rahmen verankert hat. Diese Verankerung basiert im Wesentlichen auf dem Engagement von einzelnen ForscherInnen, Standorten und Institutionen in einer Vielzahl von Projekten. LTER-Austria wirkte zunehmend als Plattform, über die zusätzliche nationale Institutionen über traditionelle Konkurrenzsituationen hinweg in passende Projekte vermittelt wurden (z.B. FP7/ INFRA-2010 Projekt „EXPEER“, Horizon2020 FORESTING und eLTER, FP6/ ALTER-Net). Im Jahr 2012 antworteten 156 Standorte aus 20 Ländern konzertiert auf den „Infrastructure Survey“ der EC, darunter 24 österreichische Standorte.

Der nach wie vor fragmentierte Charakter der Ökosystemforschung in Österreich, sowohl hinsichtlich der Infrastrukturen als auch in Bezug auf Forschungsprojekte, sowie wachsende Anforderungen an strategische Ausrichtung und zentrale Dienstleistungen (Datenmanagement, Koordination standortübergreifender Aktivitäten national und international, Standardisierung und Basis-Messprogramm) stellen die Kernmotivation für die Erstellung dieses Positionspapiers dar. Kernqualitäten und -anforderungen zur Beforschung langfristiger Trends in unseren Systemen (wissenschaftliche Teams über einer kritischen Größe, die interdisziplinäres Arbeiten erlaubt; Basis-Monitoring etc.) sind ebenso zu sichern wie die Konkurrenzfähigkeit der österreichischen Infrastrukturen im Europäischen Forschungsraum (ERA). Mehrfachnutzung der Standorte selbst und der Daten (national & international) stellen dabei ein Schlüsselkriterium dar.

In diesem Sinn entwickelt das Synthese-Kapitel 7 dieses Dokuments eine Vision zur Beseitigung bestehender Mängel und optimalen Nutzung des geschaffenen Potenzials.

2 THEMENBEREICHE DER ÖKOSYSTEMFORSCHUNG IN ÖSTERREICH

2.1 DEFINITION

LTER-Austria bietet eine Plattform für ökologische und sozio-ökologische Forschung, wie sie früher einerseits einschlägige nationale Rahmenprogramme wie die KLF (Kulturlandschaftsforschung) und ProVision vorbereitet haben und andererseits jetzt von europäischer Strategie vorgeschlagen werden (ENVRI+).

LTER-Austria vereint und verknüpft konsistent die wesentlichen Themenbereiche, die sich auch in anerkannten Konzept-Modellen finden (siehe unten, Abb. 7) und im Folgenden stichwortartig charakterisiert sind:

Prozessorientierte Ökosystemforschung:

- Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung
- Untersuchung der funktional und strukturell bedeutenden Ökosystemkompartimente
- Langfristige Auswirkungen von Drivers und Kombinationen von Drivers auf Funktionen und Leistungen von Ökosystemen (Ecosystem services)

Biodiversitäts- und Naturschutzforschung:

- Erfassung von Status, Trends und funktionellen Beziehungen von Arten



Totholz im Wald: © Irene Oberleitner

- Sicherung des langfristigen Überlebens von Arten, deren genetischer Diversität und der ökologischen Integrität und Funktionalität von Lebensräumen
- Langfristige Sicherung der biodiversitäts-basierten Ökosystemleistungen
- Analyse und Szenarien zur Adaption der Arten und Lebensräume an den globalen Wandel (inkl. Klimawandel)

Sozio-ökologische Forschung:

- Sozio-ökologische Grundlagenforschung: Gesellschaft-Natur-Interaktion, sozial-ökologische Transitionen, Veränderungen in der Ressourcennutzung
- Umweltgeschichte und historische Nachhaltigkeitsforschung
- Integrierte sozio-ökologische Modellierung: Prozess- und Systemverständnis, Szenarien, interdisziplinäre Integration
- Beitrag zur Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen (z. B. nachhaltige Wasser-, Nahrungs- und Energieversorgung, Bevölkerungswachstum, Gesundheit).

Wenn ökologische Forschung gesellschafts- und politikrelevante Ergebnisse liefern soll, fordert die Komplexität unserer sozio-ökologischen Systeme bei jeder Forschungsfragestellung die Berücksichtigung bzw. Beteiligung von mehr als einem dieser Bereiche. Wesentlich ist dabei die bestmögliche Verankerung im europäischen Forschungsraum.

Das ermöglicht LTER-Austria durch

- Interdisziplinäre Expertise (Forum von Wissenschaftlern)
- Konkrete Forschungsstandorte und -regionen (Hotspots von Expertise und Daten)
- Internationale Vernetzung
(Projekt-Ebene; LTER-Austria als eines von 24 nationalen Netzwerken in LTER-Europe...)

LTER-Austria und das White Paper zur ökologischen Langzeitforschung in Österreich standen und stehen daher vor der Herausforderung, die fachliche Breite der Ökosystemforschung abzudecken, ohne das Gewicht und die spezifischen Anforderungen der thematischen Hauptbereiche zu verwässern.

2.2 ANBINDUNG AN KONZEPTIVE MODELLE

Die Entscheidung zur Gliederung in Themenbereiche fiel sowohl aus pragmatischen Gründen als auch in Hinsicht auf die Anbindung an Konzeptmodelle: Sie spiegelt Gruppierungen der wissenschaftlichen Gemeinschaft, deren unterschiedlichen KlientInnen, FinanzgeberInnen, Aspekte der Umsetzung und der Nachfrage aus Politik und Management wider. Die Themenbereiche decken wesentliche Bausteine anerkannter konzeptiver Modelle der Gesellschaft-Natur-Interaktion ab, die in der heutigen Nachhaltigkeitsforschung und in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsberichterstattung bzw. im Monitoring verwendet werden:

- **DPSIR (Driver-Pressure-State-Impact-Response):** Das DPSIR-Schema systematisiert die Wirkungszusammenhänge zwischen gesellschaftlichen Aktivitäten und Veränderungen in den Ökosystemen. Es geht davon aus, dass „Drivers“ (z.B. Wirtschafts- oder Bevölkerungswachstum) zu „Pressures“ (z.B. Emissionen) führen. Diese rufen Veränderungen im Zustand („State“) der Ökosysteme hervor, welche die Ökosystemleistungen gefährden können („Impacts“). Die Gesellschaft versucht, mittels „Responses“ (z.B. Umweltschutzmaßnahmen, Nachhaltigkeitspolitik) gegenzusteuern. Das Schema wird vor allem zur Systematisierung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsindikatoren verwendet (EEA 2007).

- SES (Socio-Ecological Systemsresearch): Die Erforschung komplexer sozio-ökologischer Systeme, die durch die Interaktion von Gesellschaften mit ihrer natürlichen Umwelt entstehen, wird in den letzten Jahren unter anderem von der sogenannten „Resilience Alliance“ (siehe <http://www.resalliance.org/>) vorangetrieben. Im Zentrum steht dabei die Theorie komplexer adaptiver Systeme („complex adaptive systems“), angewandt auf die Frage, unter welchen Bedingungen sozio-ökologische Systeme sich gegenüber Veränderungen als „resilient“ erweisen können, d.h. ihre wesentlichen Funktionszusammenhänge auch bei einer Veränderung der Umweltbedingungen aufrechterhalten. Im Fokus stehen dabei vor allem systemdynamische Überlegungen wie Nichtlinearität („expect the unexpected“), Vulnerabilität und Anpassungsfähigkeit. Der Ansatz bezieht sich explizit auf unterschiedliche Skalenebenen und Veränderungsgeschwindigkeiten (Gunderson und Holling, 2002). Eine zentrale Forderung ist die nach „adaptive management“, also einer Form des Umgangs mit Ökosystemen, die Unwissenheit, Unsicherheiten sowie die Veränderlichkeit von Systemen und Rahmenbedingungen explizit anerkennt (Vadineanu, A., 2004). Eine mit diesem Ansatz kompatible Konzeption ist das sozial-ökologische Interaktionsmodell des Wiener Institutes für Soziale Ökologie, das vor allem auf der Analyse von Material- und Energieflüssen zwischen Gesellschaft und Ökosystemen und deren Veränderungen durch sozio-ökonomische und natürliche Faktoren beruht (Fischer-Kowalski M. & Weisz H. 1999).
- Human-Environment Systems (H-E Systems). Dieser stark von der Geografie beeinflusste Ansatz spielt vor allem in der Landnutzungsforschung, neuerdings oft auch als „integrierte Land-Veränderungs-Forschung“ (integrated land-change science) bezeichnet, eine wichtige Rolle. Er geht davon aus, dass Landsysteme integrierte komplexe Systeme sind, die durch die Wechselwirkung von sozio-ökonomischen Komponenten wie Bevölkerung, Wirtschaft, Institutionen, Kultur usw. mit ökologischen Komponenten wie Boden, Wasser, Organismen/Lebensgemeinschaften, biogeochemischen Zyklen usw. entstehen. Ziel der integrierten Land-systemforschung ist es, Veränderungsprozesse und Vulnerabilitäten zu verstehen, um wissenschaftliche Grundlagen für nachhaltigere Landnutzungsformen anbieten zu können (GLP 2005, Turner et al 2007).
- ISSE/PPD (Integrated Science for Society and Environment/Pulse Pressure Dynamics, US-LTER, Collins et al., 2011): Das ISSE (oder jüngst PPD) Modell entstand im US-LTER Programm auf Basis eines Projekts der National Science Foundation (NSF) und strukturiert ein integriertes Forschungsprogramm für die sozio-ökologische Forschung. Im Modell stehen die Wechselwirkungen zwischen menschlicher Wahrnehmung, menschlichem Verhalten und gesellschaftlichen Institutionen und der Struktur und Funktion von Ökosystemen im Mittelpunkt. Hierbei unterscheidet es zwischen langfristigen Belastungen („long-term press“) und kurzfristigen Schwankungen („short-term pulse“). Die Ökosystem-Services werden als Ergebnis der Funktion von Ökosystemen gesehen, das auf die Gesellschaft zurückwirkt. Zudem berücksichtigt das Modell „external drivers“ beispielsweise den Klimawandel (siehe das Dokument „Integrative Science for Society and Environment – A Strategic Research Initiative“ www.lternet.edu/decadalplan). Die ESI (Ecosystem Service Initiative) des globalen LTER Netzwerkes, ILTER, baut in ihrem Versuch, sozio-ökologische Systeme im weltweiten Vergleich zu beschreiben, auf ISSE auf.

Intensiv-Plot am Zöbelboden: © Smidt



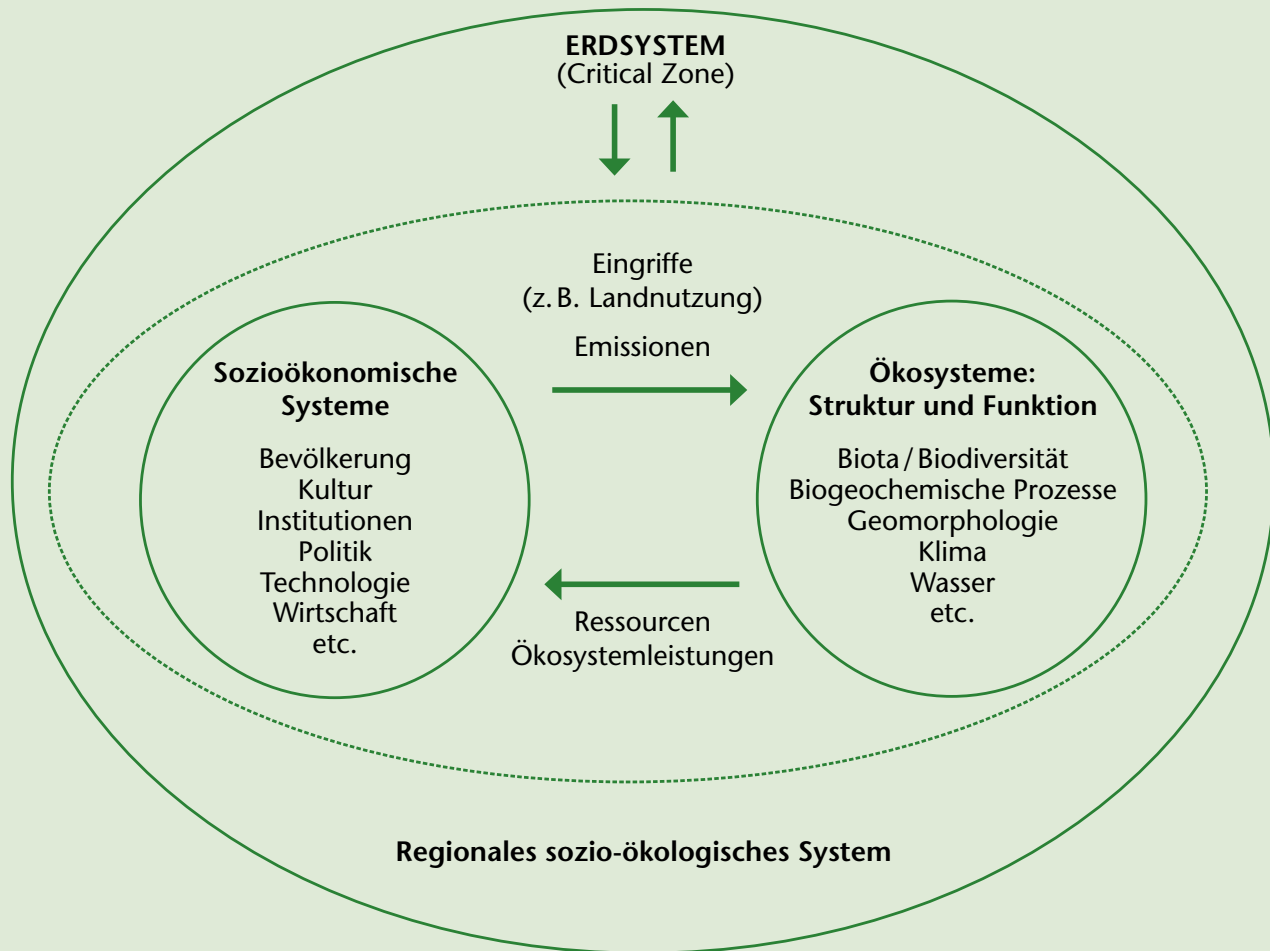


Abb. 7: Konzept der Gesellschaft-Natur-Interaktion für regional begrenzte sozio-ökologische Systeme, z.B. LTSER Plattformen. Erstellt auf Basis von Fischer-Kowalski und Weisz, 1999; EEA 2007, GLP 2005 sowie dem ISSE Modell

Auf Basis dieser verschiedenen Konzeptionen wurde das in Abb. 7 dargestellte konzeptuelle Modell der Gesellschaft-Natur-Interaktion erstellt, das das vom vorliegenden White Paper abgedeckte Forschungsfeld umfasst und die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Skalen (regional – global) andeutet. Die prozessorientierte Ökosystemforschung konzentriert sich dabei auf die Erforschung der Funktion von Ökosystemen, inklusive deren Veränderung durch menschliche Eingriffe oder Einwirkungen von globalem Wandel. Die Biodiversitäts- und Naturschutzforschung befasst sich mit Grundlagenerhebungen zum Status quo und mit den Veränderungen der Artenverbreitung/der Ökosysteme und bezieht sozioökonomische Aspekte ein, vor allem wenn sie mit Schutz, Ausprägung und Veränderung von Biodiversität zu tun haben. Die sozio-ökologische Forschung konzentriert sich auf die Analyse der Wechselwirkungen zwischen sozio-ökonomischen Systemen und Ökosystemen. In allen Fällen sind Wechselwirkungen mit natürlichen und sozio-ökonomischen Faktoren auf anderen räumlichen Ebenen – hier mit dem Begriff „Erdsystem“ angedeutet – zu berücksichtigen. Der Begriff „Erdsystem“ wurde in Anlehnung an die „Earth System Science Partnership“ (ESSP) gewählt, da dieser Zusammenschluss von Forschungsprogrammen zum globalen Wandel alle hier berücksichtigten Komponenten – Biodiversität (DIVERSITAS), biogeochemische Zyklen (IGBP), Klima (WCRP) und sozio-ökonomische Aspekte (IHDP) – umfasst. Jüngst wird dieser Bereich zwischen tiefer Geosphäre und Stratosphäre auch als „Critical Zone“ bezeichnet.

2.3 STRUKTUR DER KAPITEL ZU DEN THEMENBEREICHEN

Jedes der drei folgenden Themenbereichs-Kapitel entspricht der in Info-Box 2 dargestellten Grundstruktur, um eine Vergleichbarkeit der Themenbereiche zu gewährleisten und die Synopse (Kapitel 7) zu erleichtern.

Prioritäre Forschungs-Themen

LTER-Austria bietet eine Plattform zur Entwicklung von Forschungsprojekten mit hochkarätiger Forschung in den einzelnen Themenbereichen, die bestmöglich mit den Schwerpunkten in den jeweils anderen Themenbereichen abgestimmt ist (thematisch, zeitlich, räumlich, infrastrukturell, logistisch).

ACHTUNG: Prioritäre Forschung kann auch Methoden gelten (im Gegensatz zum nächsten Kapitel)

Ansätze und Methoden

Beschreibung der Ansätze und Methoden (bestehenden Werkzeugen), die für den Themenbereich von zentraler Bedeutung bzw. spezifisch sind

Anforderungen

Fokus auf jene, die für den Themenbereich spezifisch sind

Produkte und Adressaten

Produkte und Adressaten der Forschungsergebnisse des Themenbereiches
(quer über Stakeholder)

Vernetzung mit anderen Themenbereichen

Wichtigste bzw. neuartige Anknüpfungspunkte zu den jeweils anderen beiden Themenbereichen

Info-Box 2: Grund-Struktur der Kapitel zu den 3 Themenbereichen von LTER-Austria

3 PROZESSORIENTIERTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG (THEMENBEREICH I)

Die vorhergehenden Abschnitte haben die Besonderheiten dieses Themenbereiches als naturwissenschaftliches Kernelement und Ausgangspunkt des heute umfassenderen LTER Konzeptes beleuchtet. Bei allen Erfolgen sahen und sehen sich viele LTER Netzwerke und damit auch der Themenbereich Prozessorientierte Ökosystemforschung mit strukturellen Herausforderungen konfrontiert, die a) aus der starken „Bottom-up“ Komponente seiner Entstehung über die letzten Jahrzehnte erklärbar sind und b) aus der Langfristigkeit resultieren (Ressourcen, Technik, Metainformation), die eine einzigartige Kernqualität von LTER darstellt (ILTER Strategic Plan, 2005).

Dazu gehören:

(1) dass Untersuchungs-Standorte nicht unter dem Gesichtspunkt der bestmöglichen Abbildung von ökoklimatischen Gradienten oder anderen Kriterien ausgewählt wurden, die ein Erkennen von Mustern oder ein „up-scaling“ von Prozessen in große räumliche Einheiten (z.B. Regionen oder Kontinente) ermöglichen, sondern auf bestehende Standorte zurückgegriffen werden muss (LTER Standorte werden auf der Basis von Freiwilligkeit getragen und (noch) nicht zentral finanziert) .

(2) dass die Weiterentwicklung der Netzwerke einen enormen Koordinationsbedarf bedeutet, der auf der europäischen Ebene mit dem Network of Excellence ALTER-Net nur zeitlich befristet unterstützt wurde. Ökosystemforschung hat sich in ihrer Konzeption nicht nur an den räumlichen Skalen und Mustern der untersuchten Prozesse zu orientieren, sondern auch an den zeitlichen. Neben den häufig untersuchten kurz- bis mittelfristigen

Prozessen sind Ökosysteme gravierenden langfristigen Prozessen unterworfen, deren Vorhandensein oder Bedeutung häufig erst ex post erkannt bzw. eingeschätzt werden kann. Beispiele dafür sind etwa das Ozonloch über der Antarktis oder etwa der Global Change. In langlebigen Ökosystemen wie dem Wald können viele Prozesse erst durch langfristige Ökosystemforschung überhaupt erfasst werden. Vom Beginn formalisierter forstlicher Forschung zu Anfang des 19. Jahrhunderts sind erst 1 - 2 forstliche Umtriebszeiten heimischer Waldökosysteme verstrichen. Auch die Rückkoppelungen gesellschaftlicher Prozesse mit Ökosystemprozessen erstrecken sich üblicherweise über Jahrzehnte (land use change).

3.1 FORSCHUNGSFRAGEN DES THEMENBEREICHES PROZESSORIENTIERTE ÖKOLOGISCHES SYSTEMFORSCHUNG

Generelle Zielsetzung dieses Themenbereiches ist es, durch unterschiedliche Einflüsse – etwa Klima- und Landnutzungswandel oder Stickstoffdeposition – ausgelöste räumliche und zeitliche Veränderungen von Systemen und deren Auswirkungen auf biogeochemische Kreisläufe zu analysieren. Dabei ist die ökosystemare Integration von terrestrischen und aquatischen Systemen ein wichtiges Anliegen.

Der Themenbereich der prozessorientierten Ökosystemforschung untersucht dabei die Auswirkungen von Treibern außerhalb und innerhalb des betrachteten Systems auf die Stoffkreisläufe in Ökosystemen.

Dabei stehen folgende Schlüsselprozesse im Vordergrund (Abb. 8):

- I. Regulation von Primärproduktion, Abbau und Akkumulation von totem organischen Material in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen unter besonderer Berücksichtigung der Treibhausgasproblematik
- II. Interaktionen zwischen Kohlenstoff-, Nährstoff- und Wasserkreisläufen in natürlichen und gestörten Ökosystemen und deren Rückkoppelungen mit dem Klimasystem
- III. Auswirkung von räumlich-zeitlichen Mustern und der Intensität von Störungen (etwa Neobiota, pathogene Schädlinge, Dürre, Stürme, Hitze etc.) auf die Stabilität von biologischen Systemen.

Bei der Ausformulierung konkreter Forschungsfragen bietet sich eine Unterteilung der Fragen in die vier Kategorien (1) Stabilität und Störung, (2) Interaktive Effekte, (3) Rückkoppelungseffekte und (4) Skalierung an.

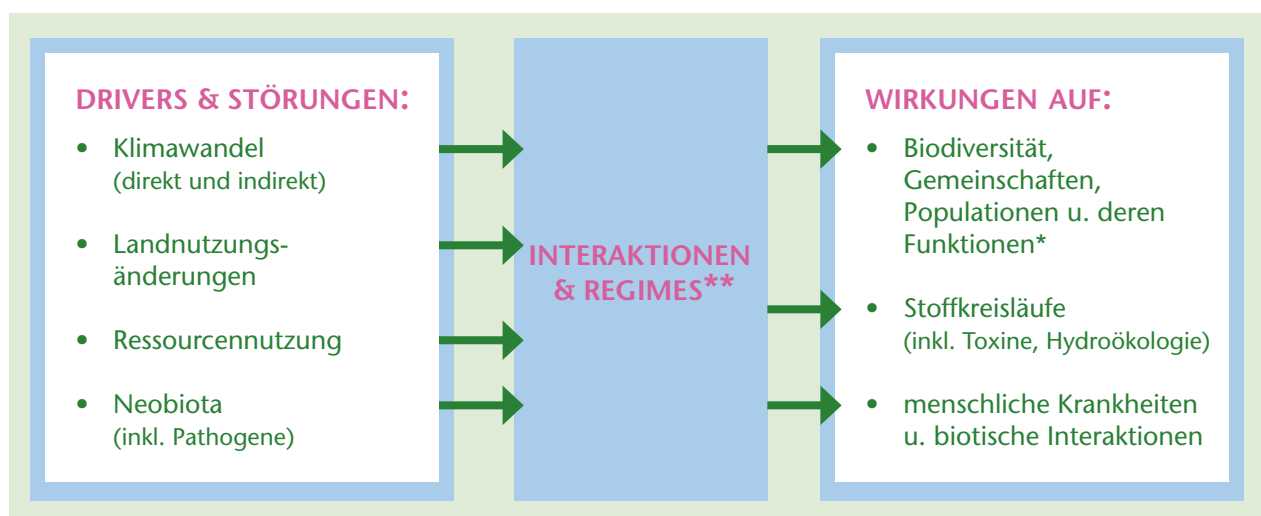


Abb. 8: Übersicht und Zusammenhang der Forschungsfragen der Prozessorientierten Ökosystemforschung: Treiber und Störungen wirken auf ein System ein. Sie verändern Interaktionen innerhalb des Systems bzw. die Regimes (Regimes** = Summe der Interaktionen und bestimmte Kombinationen von Drivern). Diese Veränderungen wiederum steuern das Ökosystem und seine Funktionen*.

(1) Stabilität und Störung

Ökosysteme sind einerseits von interaktiven Effekten betroffen und andererseits von unterschiedlicher Resilienz in Bezug auf Störungen gekennzeichnet. Aus diesem Grund ist die Definition charakteristischer Schwellenwerte, bei denen irreversible Veränderungen eintreten (z.B. Degradation bei massiver Erosion im Gebirge), von hoher Relevanz in der Ökosystemforschung, da sie unter anderem auch direkten Einfluss auf die Nutzbarkeit von Ökosystemen für menschliche Gesellschaften haben können. Speziell die Wechselwirkungen von Störungen und die Effekte derartiger Störungen auf Ökosysteme stehen hier im Brennpunkt. Forschungsfragen in diesem Bereich könnten sein:

- Wie wirken Klimavariabilität und Extremereignisse (Witterungsextreme, Schädlingsbefall, Pathogene, Neobiota) auf Stoffflüsse und die Stabilität von Ökosystemen?
- Wie (weit) beeinflusst Biodiversität die Resistenz und Resilienz von Ökosystemprozessen auf/nach Störungen?

(2) Interaktive Effekte von Einflussgrößen auf Ökosystemprozesse

Unter interaktiven Effekten verschiedener Einflussgrößen auf ökosystemare Prozesse in Raum und Zeit verstehen wir das wechselseitige Aufeinandereinfließen bzw. die Überlagerung von Störungen und deren Wirkungen sowohl auf Populationsdynamiken wie auch die Stoffflüsse von Ökosystemen. Von Interesse sind hier sowohl die kurz- als auch langfristigen interaktiven Effekte. Konkrete Fragestellungen dieser Kategorie sind z.B.:

- Wie interagieren Störungen und Populationsdynamiken in ihrer Wirkung auf ökosystemare Stoffflüsse langfristig?
- Wie wirken sich interaktive Effekte von Nährstoffeinträgen und Klimaveränderungen auf Primär- und Sekundärproduktion und den Abbau von organischem Material aus?
- Welche interaktiven Effekte haben Landnutzungsänderungen und Klimaveränderungen auf Stoffflüsse in Ökosystemen?
- Wie wirken interaktive Effekte von Treibhausgasen, Schadstoffen, Pathogenen und Neobiota auf Stoffflüsse und Stabilität von Ökosystemen?

(3) Rückkoppelungseffekte und Auswirkungen auf sozio-ökologische Systeme

Während sich die ersten beiden Fragekategorien mit den Vorgängen innerhalb eines Ökosystems befassen, werden auf einer größeren Integrationsebene Rückkoppelungseffekte und Effekte veränderter Ökosystemprozesse auf andere (v.a. sozio-ökologische) Systeme und damit auf Ökosystemdienstleistungen (ecosystem services) untersucht:

- Welchen Einfluss haben Klimawandel und Landnutzungsänderungen auf den Austausch von Treibhausgasen zwischen Ökosystemen und der Atmosphäre und wie wirkt sich dies auf den globalen Klimawandel aus?
- Welchen Einfluss haben Klimawandel und Landnutzungsänderungen auf die Energiebilanz von Ökosystemen und wirkt sich das auf den Strahlungsantrieb aus?
- Welchen Einfluss haben Klimawandel und Landnutzungsänderungen auf den Austausch reaktiver Spurengase zwischen Ökosystemen und der Atmosphäre, wie wirkt sich dies regional auf die Luftqualität aus und welche Veränderungen in Struktur und Funktion von Ökosystemen entstehen dadurch?
- Wie wirken Klimawandel und Landnutzung auf die Regulierung und Speicherung von Wasser in Ökosystemen?
- Inwieweit erhöht eine mögliche Verschlechterung der Wasserqualität die Kosten für Wassernutzung?
- Wie wirken sich demografische Veränderungen und damit verbundene Änderungen in der Landnutzung sowie das Auflassen ehemals bewirtschafteter Flächen auf das Verhältnis von Gebietsverdunstung zu Abfluss aus? Wie werden durch Änderungen in der Wasserbilanz von Einzugsgebieten die Stabilität von Ökosystemen und der Schutz von Siedlungsräumen vor Naturgefahren beeinflusst? Wie beeinträchtigen Landnutzungsänderungen die Trinkwasserqualität? Wie wirken sich durch den Klimawandel bedingte Prozesse wie Gletscherrückgang und die Entstehung von aquatischen Ökosystemen auf die Wasserqualität aus?
- Welchen Einfluss hat die Klimavariabilität auf menschliche Krankheitserreger und welchen Einfluss hat sie auf damit verbundene Gesellschaftsdynamiken und die resultierenden Stoffflüsse?

(4) Räumlicher Bezug (Skalierung)

Sämtliche beispielhaft angeführte Forschungsfragen haben eines gemein: Sie setzen an unterschiedlichen Skalenebenen an beziehungsweise stehen vor der Herausforderung, unterschiedliche Skalenebenen zu adressieren.



Messwehr: © Michael Mirtl

Charakteristikum der prozessorientierten Ökosystemforschung ist es, dass sie zu einem großen Teil auf kleinräumigen, standortspezifischen Einheiten stattfindet. Die Frage der Skalierbarkeit von Ergebnissen aus solchen Forschungsansätzen ist daher eine Grundfrage der ökosystemaren Prozessforschung, die selbst Gegenstand von Forschungsansätzen ist. Mögliche Fragen in diesem Bereich sind:

- Ändern sich die Steuergrößen über ökosystemare Prozesse, wie etwa Primär- und Sekundärproduktion oder Kohlenstoffspeicherung in Böden, mit der Skalenebene?
- Wie ändert sich die Interaktion von Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf auf unterschiedlichen räumlichen Skalenebenen?

3.2 ANSÄTZE UND METHODEN

Hat die Beforschung von interaktiven Effekten und von Stabilität und Störungen eher beobachtenden bzw. experimentellen Charakter, so erfordert die Analyse der Forschungsfragen zu den Bereichen Rückkoppelungseffekte und Skalierung vorwiegend modellierende Ansätze als Forschungsmethoden. Dementsprechend unterschiedlich sind die Anforderungen an die Methoden und Ansätze, die im Bereich der prozessorientierten Ökosystemforschung zur Anwendung kommen.

Im Sinne eines sparsamen und zweckmäßigen Ressourceneinsatzes („Es kann nicht alles überall und zu jeder Zeit gemessen und beobachtet werden“) müssen Hypothesen mit modellierenden Ansätzen oder explorativer Statistik formuliert bzw. getestet werden; daraus können wiederum neue bzw. im räumlichen oder zeitlichen Sinne skalenübergreifende Mess- und Beobachtungskonzepte entwickelt werden.

Für die Zukunft von LTER wird es notwendig sein, derart kombinierte Ansätze in ein Standortkonzept zu integrieren. Basierend auf den Ergebnissen und Erfahrungen der internationalen LTER-Forschung wäre der nächste Schritt, von einem „top-down“ Ansatz ausgehend ein strukturiertes Design für LTER-Austria zu entwickeln, das ein späteres Skalieren von Forschungsergebnissen von lokaler, über regionaler bis zur nationalen Ebene und darüber hinaus zulässt.

In den USA haben die Infrastruktur-Anforderungen zur Entwicklung von „top-down“ Konzepten geführt, deren bedeutendstes NEON (National Ecological Observatory Network) ist. NEON hat LTER nicht verdrängt, aber stark weiterentwickelt: hier wird derzeit eine Forschungsplattform errichtet, die zum Ziel hat, die Effekte von Klimaänderungen, Landnutzungsänderungen und von invasiven Arten auf die Ökologie Nordamerikas zu untersuchen, und zwar als kontinentales Observatorium, nicht als Sammlung von lokalen oder regionalen Standorten und mit einem stringenten methodischen Design über alle Untersuchungseinheiten. Revolutionär dabei ist auch die administrative Struktur, die über Partikularinteressen hinausgeht und eigene Einheiten vorsieht, deren Aufgabe es ist, qualitative hochwertige Datensätze zu erfassen und in Echtzeit allen interessierten Forschern zur Analyse und Bearbeitung zur Verfügung zu stellen – ein Konzept, das übrigens in der Meteorologie schon lange verwirklicht ist. Die einzige nennenswerte Kritik am NEON Konzept ist die Fokussierung auf Prozesse in Naturräumen in einem rein naturwissenschaftlichen Ansatz.

Prozessorientierte Ökosystemforschung hat einen starken Bedarf an kontinuierlichen Beobachtungen (Monitoring) von physikalischen und chemischen Umweltparametern sowie der Messung von biotisch kontrollierten Prozessen (etwa dem Gasaustausch von Ökosystemen mit der Atmosphäre). Die dabei verwendeten Messmethoden haben einen sehr hohen Bedarf an wissenschaftlicher Infrastruktur und an einer leistungsstarken Cyberinfrastruktur. Dieser Bedarf steigt mit höherer Automatisierung und höherer zeitlicher Auflösung solcher Monitoring-Aktivitäten.

3.3 ANFORDERUNGEN

Um eine räumliche Optimierung des Designs von LTER-Austria (Forschungs-Standorte) in Gang zu bringen, muss das Netzwerk langfristig operativ sein können. Dafür braucht es eine Neuordnung der Verwaltung und Administration als international verankertes Forschungscluster, wobei der internationale Rahmen derzeit weit besser entwickelt ist als die komplementäre nationale Struktur. Aufgrund der relativ hohen Fluktuation des wissenschaftlichen Personals an Universitäten und überwiegenden Drittmittelfinanzierung der universitären Forschung eignen sich diese weniger für ein dauerhaftes Management.

Die zentrale Stabsstelle von LTER-Austria sowie die Projektleitung sollten daher in einer Institution wie dem BFW oder UBA eingerichtet werden. Eine geeignete Struktur für die Verwaltung der Daten und Forschung im Netzwerk aufzubauen, ist eine der kritischen Aufgaben, wobei gerade hier Standards und Werkzeuge aus dem internationalen Kontext (ESFRI/LifeWatch, ILTER, LTER-Europe, INSPIRE, EML) über eine nationale Stabsstelle nutzbar gemacht werden können.

Überlegungen des Themenbereiches „Prozessorientierte Ökosystemforschung“ zu Anforderungen an die Struktur des Netzwerkes lieferten die Basis für den Vorschlag zur Gesamtstruktur im Synthese-Kapitel 7.3.1 „Strategische Organisation“ auf Seite 52. Diese Organisation und ihre Dienstleistungen sind daher als Kernforderungen des Themenbereiches anzusehen.

3.4 PRODUKTE UND ADRESSATEN

Die Produkte dieses Themenbereiches von LTER-Austria sind Antworten auf die oben angeführten Forschungsfragen. Im Bereich der prozessorientierten Ökosystemforschung sind das in erster Linie Daten, die an den Untersuchungsstandorten durch Messungen erhoben werden und sowohl auf die Rekonstruierbarkeit von Ereignissen in der Vergangenheit wie auch zur Abschätzung von möglichen zukünftigen Entwicklungen hin analysiert werden. Das heißt, spezielle Bedeutung in diesem Themenbereich kommt der Aufbereitung der erhobenen Daten zu.

Wir schlagen daher vor, ein Nationales Zentrum für Ökologische Datenanalyse einzurichten, das gestützt auf die Daten von LT(S)ER-Austria und auf die Expertise der beteiligten Wissenschaftler,

(1) die Daten für Nutzer aus Gesellschaft, Politik und Wissenschaftlicher Gemeinschaft entsprechend aufbereitet und bereitstellt und

(2) auch in der Lage ist, entsprechende Anfragen von politisch relevanten Körperschaften, Behörden oder Interessenvertretungen und anderen Stakeholdern zu bearbeiten und wo dies möglich ist, wissenschaftlich fundierte Planungs- und Entscheidungsgrundlagen zu liefern.

3.5 VERNETZUNG MIT ANDEREN THEMENBEREICHEN

Grundsätzlich erfordern derzeit aktuelle Themen wie Global Change vernetzte Zusammenarbeit multidisziplinär arbeitender Expertengruppen (EPBRS, 2010). Im Bereich der ökosystemaren Langzeitforschung bietet LTER in seinen Forschungsregionen und -plattformen ausgezeichnete Bedingungen für die Entwicklung transdisziplinärer Kooperation. Interdisziplinäre Zusammenarbeit zeichnet sich bei hohem wissenschaftlichen Anspruch innerhalb des LTER Netzwerks insbesondere durch effizienten Informationstransfer zwischen den Forscherteams und optimierte Kommunikation innerhalb einer wissenschaftlichen „Community of Excellence“ aus.

Wesentliche Vernetzungsbereiche zur Biodiversitäts- und Naturschutzforschung bzw. zu sozio-ökonomischen Ansätzen (LT(S)ER) werden im Bereich der Forschung zur funktionellen Biodiversität von Ökosystemen gesehen.

Hier geht es in allen hier abgehandelten Teilbereichen des Forschungsfeldes einerseits um Prozessverständnis, andererseits um die Bewertung von Ökosystemfunktionen im Hinblick auf Ökosystemdienstleistungen (ecosystem services, ESS), die unterstützende, bereitstellende, regulierende und kulturelle Dienstleistungen umfassen (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Die großen Herausforderungen der Gegenwart und nahen Zukunft (nachhaltige Rohstoff-, Wasser-, Nahrungs- und Energieversorgung, Gesundheit und Erholung) erfordern die Vernetzung bzw. Abstimmung der Forschungsbereiche, da sich in vielen Feldern Konfliktbereiche ergeben, potenziell etwa zwischen Biodiversität und/oder Klimaadaptierungsmaßnahmen (Flächenkonkurrenz), die letztlich auch in einer Werteabwägung bzw. in der politischen Diskussion münden. Hier kann nur vernetzte Forschung seriöse Entscheidungsgrundlagen liefern.

4 BIODIVERSITÄTS- & NATURSCHUTZFORSCHUNG (THEMENBEREICH II)

Natürliche Ökosysteme bieten eine Fülle von Leistungen, die nützlich oder sogar unabdingbar für den Menschen sind (Daily, 1997; MEA, 2003). Biodiversität ist – neben ihrem immensen Eigenwert als charakterisierender Ökosystembestandteil – entscheidend für die Bereitstellung vieler dieser Leistungen (Kremen, 2005; Luck et al., 2003). Der Zusammenhang zwischen biologischer Vielfalt, Ökosystemfunktionen und Ökosystemleistungen ist jedoch komplex und vielschichtig (Hooper et al., 2005, Mace et al., 2012). Angesichts der vielen Bedrohungen für den Fortbestand der Biodiversität (Ehrlich & Pringle, 2008; Sutherland et al, 2014; Tittensor et al, 2014) ist unser begrenztes Wissen über die Abhängigkeit der menschliche Nutzung von der Biodiversität besonders alarmierend. Die Entwicklung einer Forschungsagenda, die Biodiversitätsforschung und Ökosystemleistungen sowie Sozioökologie im Allgemeinen verknüpft, ist vor allem deshalb ein dringendes und höchst gesellschaftsrelevantes Anliegen.

Die Europäische Kommission trägt der Bedeutung von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen Rechnung und führt in ihrer „Biodiversitätsstrategie 2020“ an, dass bis 2050 Biodiversität und Ökosystemleistungen zu schützen, in ihrem vollen Wert zu berücksichtigen und ihrem inneren Wert entsprechend und hinsichtlich ihres wesentlichen Beitrags zum menschlichen Wohlbefinden angemessen zu restaurieren sind (COM 2011). Bis 2020 soll der Verlust der Biodiversität aufgehalten und Ökosystemleistungen sollen so weit wie möglich wiederhergestellt werden, wofür sechs Ziele und zwanzig Aktionen in einem Aktionsrahmen für 2010-2020 festgelegt wurden (COM 2011). Die Europäische Plattform für Biodiversitätsforschungsstrategien (EPBRS) erstellte eine Forschungsstrategie (EBPRS, 2010) und definierte Forschungsschwerpunkte, die die Umsetzung der sechs Ziele der EU-Biodiversitätsstrategie unterstützen (EPBRS, 2013). Zusätzliche Anstrengungen sind jedoch erforderlich, um die politischen Zielvorgaben tatsächlich zu erfüllen und dem Verlust an biologischer Vielfalt Einhalt zu gebieten (Tittensor et al., 2014).

Die im Dezember 2014 veröffentlichte Biodiversitäts-Strategie Österreich 2020+ (BMLFUW, 2014) unterstreicht die Wichtigkeit von Biodiversität und Naturschutz für Österreich. Insbesondere die Maßnahmen zur Biodiversitätsforschung und -monitoring (d.h. „Ziel 2“) können durch Biodiversitätsforschung im Rahmen von LTER-Austria hervorragend umgesetzt werden.

In Übereinstimmung mit den obigen Anforderungen präsentieren wir hier ein Konzept für die österreichische Biodiversitätsforschung im Rahmen von LTER-Austria (Mirtl 2010; Mirtl et al, 2010). Wir erarbeiten Forschungsempfehlungen zu den Themen Arten- und Lebensraumschutz, Klimawandelanpassungen und strukturelle Änderungen sowie zur Weiterentwicklung methodologischer Ansätze. Weiters werden (1) institutionelle Voraussetzungen für eine erfolgreiche, effiziente und wettbewerbsfähige Biodiversitätsforschung in Österreich, (2) Forschungsergebnisse, deren Nutzungsmöglichkeiten und Adressaten sowie (3) Anknüpfungspunkte zu den anderen Themenbereichen von LTER-Austria, d.h. der prozessorientierten Ökosystemforschung und sozio-ökologischen Forschung, dargestellt.



Lunzer See: © Günther Eisenkölb

4.1 PRIORITÄRE FORSCHUNGSTHEMEN

Biodiversitätsforschung im Rahmen von LTER deckt längere Zeiträume und das gesamte Spektrum relevanter Skalenebenen ab (Dirnböck et al., 2013). Die hier vorgestellten Prioritäten basieren auf mehreren Strategiepapieren zur Förderung der österreichischen und europäischen Biodiversitätsforschung, die von einer Vielzahl von Wissenschaftlern und Interessenvertretern erarbeitet wurden. Dies gewährleistet die Integration aller wichtigen Themen der nationalen Forschungsgemeinschaft. Die spezifisch österreichische Perspektive wird dabei durch nationale Dokumente eingebracht, wie der „Hardegger Erklärung“, die bei der Auftaktveranstaltung der Plattform Biodiversitätsforschung Austria (BDFA) ausgearbeitet und von 172 im Bereich von Biodiversitätsforschung und -management in Österreich tätigen Personen unterzeichnet wurde. Berücksichtigt wurde auch eine Umfrage zur Priorisierung von Biodiversitäts-Forschungsthemen (BDFA, 2008), die auf einer britischen Shortlist der 100 relevantesten ökologischen Fragen (Sutherland et al., 2006) aufbaut. Darüber hinaus wurden die Mitglieder der Naturschutzplattform am Umweltbundesamt – vor allem Vertreter von Behörden, NGOs und Unternehmen – befragt. Bei der Priorisierung wurde spezielles Augenmerk auf die biophysikalischen Gegebenheiten und Landnutzungsformen in Österreich gelegt, d.h. die hohe Bedeutung der Gebirgs-, Wald-, Süßwasser- und Agrarökosysteme. Da die österreichischen Biodiversitätsforschungsprioritäten stark mit der europäischen Forschungsagenda verknüpft sind, wird hier auch die europäische Perspektive berücksichtigt und durch Strategiepapiere der EPBRS dargestellt; dies gilt besonders für „Mountain Biodiversity“ (EPBRS, 2006), Biodiversity in the Wider Countryside“ (EPBRS, 2007a), „Biodiversity and Ecosystem Services“ (EPBRS, 2007b) und „Freshwater Biodiversity“ (EPBRS, 2008), welche von besonderer Bedeutung für die österreichischen Ökosysteme sind. Zudem wurden die EPBRS-Forschungsempfehlungen für Ökosystemleistungen (EPBRS, 2011) sowie die EPBRS-Biodiversitätsstrategie 2010-2020 (EPBRS, 2010) berücksichtigt, die die Wichtigkeit von Forschungsschwerpunkten zur Erreichung der folgenden politischen Zielvorgaben hervorhebt:

- (I) die Gewährleistung des langfristigen Überlebens von Arten in ihren Lebensräumen, deren genetische Vielfalt und die ökologische Integrität und Funktionalität der Lebensräume und Ökosysteme
- (II) die Anpassung an den globalen Wandel (einschließlich des Klimawandels)
- (III) die langfristige Bereitstellung von Ökosystemleistungen
- (IV) Beiträge zum Erreichen von Zielvorgaben zu anderen Herausforderungen wie Wasser-, Nahrungs- und Energieversorgung, Bevölkerungswachstum und Gesundheitswesen.

Rezente Forschungsprioritäten zur Umsetzung der sechs Ziele der EU-Biodiversitätsstrategie 2020 wurden von der EPBRS unter irischer EU-Präsidentschaft erarbeitet (EPBRS, 2013) und stimmen teilweise sehr gut mit dem LTER Ansatz überein:

- (I) Aufbau und Verbesserung des Netzes von Monitoringstandorten in Europa, um Monitoringansätze und deren Effizienz zu testen und um Verfahren zu entwickeln, die Kriterien und Schwellenwerte zur besseren Umsetzung der EU-Vogelschutz- und Habitatrichtlinie validieren (vgl. EU-Biodiversitätsstrategie 2020 – Target 1);
- (II) Weiterentwicklung von Methoden und Instrumenten für das Management von Mensch-Ökosystem-Interaktionen, mit besserer Berücksichtigung von komplexen und nichtlinearen dynamischen Prozessen (zur Unterstützung von EU-Biodiversitätsstrategie 2020 – Target 2 bzgl. der Erhaltung und Wiederherstellung von Ökosystemen und ihren Leistungen);
- (III) Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und zur nachhaltigen Nutzung von Ökosystemleistungen und die Entwicklung neuer Maßnahmen, einschließlich Restoration (zur Unterstützung von EU-Biodiversitätsstrategie 2020 – Target 3 bzgl. der Erhöhung des Beitrags von Land- und Forstwirtschaft zur Erhaltung und Verbesserung des Status der Biodiversität);
- (IV) Verbesserung des Verständnisses von Ursache-Wirkungs-Beziehungen über große Distanzen (zur Unterstützung von EU-Biodiversitätsstrategie 2020 – Target 5 bzgl. der Bekämpfung gebietsfremder invasiver Arten);
- (V) Untersuchung der Rolle der biologischen Vielfalt für globale Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsstrategien (zur Unterstützung von EU-Biodiversitätsstrategie 2020 – Target 6 bzgl. der Vermeidung des globalen Biodiversitätsverlustes).

4.1.1 ARTEN- UND LEBENSRAUMSCHUTZ

Forschung zu diesem Thema behandelt eine oder mehrere Arten oder Lebensräume und deren Wechselwirkungen mit Ökosystemprozessen. LTER ermöglicht eine enge Abstimmung zwischen Biodiversitätsforschung und traditioneller Ökosystemforschung, die sich in erster Linie auf Energie- und Stoffkreisläufe konzentriert. Studien zu Nutzung und Erhalt der biologischen Vielfalt sowie den Folgen des Landnutzungswandels sind in diesem Zusammenhang von besonderer Bedeutung. LTER-Austria ist ein optimaler Rahmen, um Antworten auf folgende Forschungsfragen zu generieren: Inwieweit erfüllt Österreich Zielvorgaben wie beispielsweise den Stopp des Artenverlustes, den Schutz gefährdeter Populationen und den geeigneten Schutz von Lebensräumen und Arten angesichts von Klima- und Landnutzungswandel? Wie ist die Verbreitung der FFH-Arten und -Lebensräume in Österreich (Richtlinie 92/43/EWG)? Welche Maßnahmen sind notwendig, um seltene, gefährdete und endemische Arten und deren Populationen zu schützen? Wie hoch ist das Anpassungspotenzial der FFH-Arten und -Lebensräume, um kontinuierliche Veränderungen zu verkraften? Was bedeuten die verschiedenen Formen von Landnutzungswandel für den Erhalt der biologischen Vielfalt? Was sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt, auf gefährdete und/oder endemische Arten und auf die Vielfalt von Lebensräumen? Wie wirken sich EU-Verordnungen aus und wie können Landnutzungsformen für Biodiversität und Ökosystemleistungen optimiert werden? In welchem Umfang beeinflussen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd und Fischerei gefährdete Populationen?

Von den EPBRS-Forschungsempfehlungen sind jene zur Gebirgs- und Süßwasserbiodiversität für Biodiversitätsforschung (vgl. EPBRS, 2006, 2008) am relevantesten. Von besonderem Interesse sind:

- Besseres Verständnis der Rolle der genetischen Diversität, der Arten-, Ökosystem- und Landschaftsdiversität für die Dynamik von Ökosystemen und deren Funktionen und Leistungen;
- Verknüpfung von Forschung und Langzeit-Monitoring um Status, Muster und Einflussfaktoren der biologischen Vielfalt auf verschiedenen Skalenebenen zu bewerten;
- Definition von günstigen Erhaltungszuständen für Lebensräume und Arten und die Identifizierung von Referenzzuständen für Ökosysteme unter Berücksichtigung der Ökosystemleistungen;
- Definition von Kriterien, Indikatoren, Methoden und Verfahren für den effizienten Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung von Biodiversität unter Klima- und Landnutzungswandel;
- Kenntnis der Anpassungsfähigkeit von Arten und Lebensräumen an veränderte klimatische Bedingungen und/oder Landnutzung;
- Beurteilung von Status und Verbreitung (einschließlich Sensitivitätsanalysen und Risikobewertung) von bis dato schlecht untersuchten, ökologisch wichtigen oder gefährdeten Taxa, von FFH Taxa, Lebensräumen und Ökosystemen;
- besseres Verständnis für die Funktionalität und die Rolle der Boden- und Grundwasserbiodiversität, besonders im Hinblick auf resultierende Ökosystemleistungen.

Einige aktuelle Studien zum Thema, die an österreichischen LTER Standorten durchgeführt wurden, seien hier exemplarisch dargestellt: Diese liefern zum Beispiel Erkenntnisse über die Rolle der Biodiversität für die Dynamik von Ökosystemen und deren Funktionen und Leistungen, mit einem Fokus auf wenig untersuchte Lebensräume (z.B. Fontana et al 2014) oder endemische und kryptische Arten (Rinnhofer et al 2012; Arthofer et al 2013). Sie zeigen auch die einzigartigen Möglichkeiten, unter extremen Umweltbedingungen biologische Vielfalt und Ökosystemprozesse zu erforschen. So wurden etwa im Gletschervorfeld terrestrische Nahrungsketten (König et al 2011; Raso et al, 2014) sowie Samenaufbau, Sameneigenschaften und Keimruhe (Cichini et al 2011; Erschbamer und Mayer, 2011; Marcante et al, 2009a, b, 2012; Schwiendbacher et al, 2011a, b; siehe auch Mayer und Erschbamer 2011, 2014) untersucht und an der obersten Grenze der alpinen Vegetation die Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Schneedecke erforscht (Gottfried et al. 2011). Biodiversitätsforschung im Seewinkel untersucht unter den extremen Bedingungen der Salzpflanzen und Salzwiesen Moose (Zechmeister, 2004, 2005), Spinnen, Libellen (Benken & Raab, 2008), Zoobenthos (Zulka et al., 1997) und Zooplankton (Metz & Forro, 1991; Wolfram et al, 1999; Zimmermann-Timm & Herzig, 2006). Neueste Biodiversitätsforschung in den Seen der Hochalpen beschäftigt sich mit den Auswirkungen von Strahlung auf Bakterien (Hörtnagl et al, 2011; Pérez et al, 2011; Sonntag et al, 2011) und von Temperatur und Nährstoffen auf Phytoplankton (Thies et al, 2012; Tolotti et al, 2012). Aktuelle Forschungsschwerpunkte in den Seen der Voralpenlandschaft fokussiert auf die Genetik, Ökologie und Populationsdynamik der europäischen Weißfische (*Coregonus lavaretus* L. - Komplex) einschließlich wirtschaftlich relevanter und gefährdeter Arten (Pamminger-Lahnsteiner, 2011; Winkler, 2011; Pamminger-Lahnsteiner et al, 2012; Wanzenböck et al, 2012).

4.1.2 KLIMAWANDELANPASSUNG

Die Wechselbeziehungen zwischen Organismen und den Einflussfaktoren des globalen Wandels sind hier von besonderem Interesse und die Streuung diesbezüglicher Kenntnisse erfordert gezielte Forschung, um wirksame Schutzmaßnahmen abzuleiten. Im Idealfall sollten experimentelle und Freilandstudien zu Ökosystemfunktionen in Langzeit-Monitoring-Schemen eingebettet sein, die Änderungen der biologischen Vielfalt und der Umwelt über einen längeren Zeitrahmen dokumentieren (Dirnböck et al., 2013, 2014). Dies gilt insbesondere, wenn es um Klimawandel, Klimapolitik, Klimaschutz und Klimawandelanpassungsmaßnahmen geht, Forschungsthemen, die von den österreichischen BiodiversitätsforscherInnen als besonders relevant angegeben wurden (BDFA, 2008). Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsmaßnahmen werden derzeit in der Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Energiegewinnung und im Tourismus umgesetzt. Angesichts der potenziell schwerwiegenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochgebirgsökosysteme (Engler et al, 2011) ist die ökologische Langzeitforschung im hochalpinen Gebiet besonders wichtig (Dirnböck et al, 2011; Gottfried et al, 2012; Pauli et al, 2012). Österreich hat die Koordination und liefert das methodologische Know-how für das weltweite Forschungsprojekt GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments), eine langfristige Erfassung von abiotischen und biotischen Veränderungen in Hochgebirgsökosystemen (Pauli et al, 2001, 2004; Gottfried et al 2012).

Folgende Themen werden in diesem Zusammenhang für LTER in Österreich vorgeschlagen:

- Risikobewertung für Hochgebirgsarten
- Bewertung der Migrationstendenzen von Tieflandarten und dem Migrationspotenzial von Hochgebirgsarten
- Untersuchung des Adaptationspotenzials von migrierenden Arten
- Bewertung von Indikatorarten (unter Berücksichtigung aller Organismengruppen) für Klimawandelprozesse
- Ein besonderes Augenmerk sollte auch auf die langfristigen Auswirkungen des globalen Wandels, z.B. Aussterbe-Schuld (Dullinger et al, 2013) und Invasions-Schuld (Essl et al, 2011), gelegt werden, die sowohl versteckte Gefahren als auch Chancen für rechtzeitige Gegenmaßnahmen repräsentieren.

4.1.3 STRUKTURELLE ÄNDERUNGEN (Z.B. LANDNUTZUNGSWANDEL, HABITATFRAGMENTIERUNG, NEOBIOTA)

Strukturelle Veränderungen von Ökosystemen wurden durch Industrialisierung, Landnutzungswandel, Lebensraumverlust und -fragmentierung und erhöhte menschliche Mobilität massiv beschleunigt. Der letztgenannte Faktor ist der Hauptgrund für die zunehmende Ausbreitung invasiver nicht heimischer Arten (Pyšek et al 2010; Essl et al 2011). Höhere Lagen der Alpen weisen noch viele natürliche Lebensräume auf. Im Tiefland sind jene natürlichen und naturnahen Lebensräume, die für den Biodiversitätserhalt ausschlaggebend sind (z.B. Trockenrasen, Wiesen, Weiden, alte Laubwaldbestände und Flussgebiete), derzeit zumeist fragmentierte Überreste mit oft ungünstigem Erhaltungszustand. Der fortschreitende Verlust der traditionellen Landschaftsstrukturen bedingt einen massiven Schwund an Agrobiodiversität, dessen voller Umfang wahrscheinlich erst in mehreren Jahrzehnten erreicht sein wird (Kuussaari et al., 2009). Das eröffnet gleichzeitig Möglichkeiten für ein zeitgerechtes Umdenken und die Entwicklung nachhaltiger Nutzungsformen.

Aktuelle Studien zur Kulturlandschaft, Landschaftszerschneidung und ökologischen Korridoren sind in diesem Zusammenhang unabdingbar (Kreiner et al 2012; Kuttner et al, 2013). Forschungsschwerpunkte sollten die Auswirkungen von Agrarpolitik und rezenten Landnutzungsänderungen (Intensivierung, aber auch Nutzungsaufgabe und Aufforstung traditioneller Kulturlandschaften) auf die Artenvielfalt und die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften (Wrbka et al, 2008; Prevosto et al, 2011) sowie auf Boden und Vegetationsstruktur behandeln. Der Einsatz von genetisch veränderten Organismen und die damit verbundenen Risiken für das Ökosystem stellt ein weiteres prioritäres Thema österreichischer Langzeitforschung dar (Pascher & Gollmann, 1999; Pascher et al 2011).

Folgende Aspekte wurden als Forschungsthemen von der EPBRS empfohlen (2007a, 2008) und sollten für Biodiversitätsforschung im Rahmen von LTER-Austria berücksichtigt werden:

- Bedeutung von Landschaftsstrukturen für die biologische Vielfalt auf verschiedenen Skalenebenen;
- Rolle von Refugien zur Aufrechterhaltung der langfristigen adaptiven und evolutionären Kapazitäten
- Invasivität und Risikobewertung von Pflanzengesellschaften

- Verbreitung und Auswirkungen von Neobiota
- Auswirkungen der demografischen, sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung sowie der EU-Politik und ihrer nationalen Umsetzung auf die biologische Vielfalt;
- indirekte Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt (z.B. Flächenbedarf zur Produktion von Biokraftstoffen);
- Verbesserung der Agrarumweltmaßnahmen in Richtung messbarer positiver Auswirkungen auf die biologische Vielfalt; und
- Risiken von gentechnisch veränderten Organismen für Ökosysteme.

4.2 ANSÄTZE UND METHODEN

Angesichts fortschreitender Bodenversiegelung und Eutrophierung, steigenden Energieverbrauchs und der weitgehend rücksichtslosen Nutzung der begrenzten Ressourcen hat die Naturschutzforschung ihren Schwerpunkt vom Artenschutz auf Erhalt und Wiederherstellung von Lebensräumen sowie die Sicherung ökologischer Prozesse (= Prozessschutz) erweitert. Die wichtigsten Ansätze in der Biodiversitäts- und Naturschutzforschung im Rahmen von LTER sind:

- Erhebung von Biodiversitätsdaten (z.B. Kartierungen)
- Langzeit-(Biodiversitäts-)Monitoring
- Forschung auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen
- Techniken für genetische Analysen
- experimentelle Ansätze
- Fernerkundung (Auswertung von Satelliten- und Luftaufnahmen, Infrarot- und Radartechnik)
- ökologische Modellierung (geografische Informationsverarbeitung, Ökoinformatik etc.)
- ökologische Indikatoren
- Datenmanagement (Internet-Infrastruktur, Online-Datenbanken, öffentliche Reporting-Systeme, progressive Plausibilitätsprüfungen und Datenevaluierung)
- Inter- und Transdisziplinarität

Im Rahmen der „Hardegger Erklärung zur österreichischen Biodiversitätsforschung“ 2008 (BDFA, 2008) wurden die folgenden drei methodologischen Forschungsfragen priorisiert (vergleiche auch EPBRS, 2010, 2013):

- Welche sind die zielführendsten Strategien und Verfahren zur Erfassung, zum Schutz, zur Restauration und zur nachhaltigen Nutzung der biologischen Vielfalt?
- Wie können Methoden zur Erfassung von Ökosystemfunktionen der biologischen Vielfalt verbessert werden, um deren Rolle für die Versorgung mit wesentlichen Ökosystemleistungen beurteilen zu können?
- Wie müssen Biodiversitätsindikatoren und -monitoringverfahren weiterentwickelt werden, um die Interaktion der biologischen Vielfalt mit den Triebkräften des globalen Wandels zu erkennen und vorausschauend beurteilen zu können?

4.2.1 ANSÄTZE IM HINBLICK AUF ERHALT UND NACHHALTIGE NUTZUNG DER BIOLOGISCHEN VIELFALT

Um Lebensräume und Arten langfristig zu erhalten, müssen synökologische Aspekte und Studien zu Populationen und Metapopulation stärker in den Vordergrund rücken. In diesem Zusammenhang ist die methodische Frage der Wahl der „richtigen“ räumlichen und zeitlichen Skalenebene von entscheidender Bedeutung (Dirnböck et al., 2013). Lange Zeitreihen von Biodiversitätsdaten sind Voraussetzung für die Beantwortung von Forschungsfragen, die sich mit Umweltveränderungen beschäftigen. Gute Datengrundlagen erhöhen auch die Genauigkeit von ökologischen Modellen für die Interpolation von Biodiversitätsdaten (Elith et al, 2006; Thuiller & Guisan, 2005) mit dem Ziel, beispielsweise Änderungen in der Zusammensetzung von Artengemeinschaften oder in der Populationsentwicklung zu erfassen. Je länger die Zeitreihe und je größer die Genauigkeit der Modelle, desto leichter ist es, Trends in langsamen, episodischen oder unregelmäßigen Prozessen zu entdecken. Die menschliche Nutzung von Ökosystemen ist allgegenwärtig. LTSE Plattformen (Mirtl et al 2010; Singh et al, 2010)



Narzissenwiese: © Maria Deweis

bieten optimale Infrastruktur für Forschung, die biophysikalische Prozesse mit politischer Verwaltung und Kommunikation verbindet, ökologische Prozesse in mehreren räumlichen und zeitlichen Skalen erfasst, in-situ Messungen mit statistischen Daten kombiniert und Erkenntnisse der Geisteswissenschaften berücksichtigt (Haberl et al., 2006; Tappeiner et al. 2013). Die Einbeziehung der Gesellschaft in bestehende Forschungsinfrastruktur erleichtert transdisziplinäre Ansätze. Diese Ansätze, die Wissen von Interessenvertretern als wesentliche Elemente der Forschung einbeziehen, sind entscheidend, wenn der Fokus auf der Erforschung indirekter Einflussfaktoren des Biodiversitätsverlustes liegt (Balian et al 2011; EPBRS, 2010, 2011) oder wenn die Kluft zwischen Wissenschaft (z.B. Naturschutzplanung und forschungsbasierte Naturschutzempfehlungen) und Aktion (z.B. erfolgreiche Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen) überbrückt werden sollte (Reyes et al 2010; Schindler et al 2011). Sie sind auch für die Wiederherstellung der ökologischen Intaktheit von traditionellen Kulturlandschaften unverzichtbar (ERPBS 2013). Während LTSE Plattformen ideale Infrastruktur für regionale Fallstudien, insbesondere im Rahmen der transdisziplinären Forschung bieten (Singh et al., 2013), dienen LTER Standorte als Pool für langfristige Monitoring-Daten und Raum für experimentelle Ansätze. Die Beteiligung von Interessenvertretern kann auch bei der Festlegung von Schutz-Prioritäten von Vorteil sein. Dabei müssen transnationale Schutzinitiativen wie die Europäische Habitat- und Vogelschutzrichtlinie sowie andere multilaterale Umweltabkommen mit Biodiversitätsbezug gemeinsam mit lokalen oder nationalen Einstufungen (z.B. nationale Rote Listen, nationale Verantwortungen für globale Bestände) auf innovative Weise zur Anwendung gebracht werden (Mauerhofer, 2010, 2011).

4.2.2 ÖKOLOGISCHE INDIKATOREN UND BIODIVERSITÄTSINDIKATOREN

Indikatoren vereinfachen, quantifizieren und kommunizieren Informationen zu Ökosystemprozessen, die zu komplex sind, um direkt gemessen zu werden (Hammond et al., 1995). Erfassung von Biodiversität und Nachhaltigkeit in ihrer Gesamtheit erfordert sehr komplexe Erhebungs- und Messverfahren, weshalb dafür in der Regel Indikatoren angewandt werden (Walpole et al, 2009; Tittensor et al 2014). Für die Umweltpolitik sind jene Indikatoren am besten geeignet, die einfach zu messen, effizient, kostengünstig, empfindlich gegenüber Veränderungsprozessen, aber robust gegenüber anderen Einflüssen sind (z.B. EEA, 2007; Tasser et al, 2008; Gregory et al, 2009; Gottfried et al 2012; Pauli et al 2012; Schindler et al, 2013; Dirnböck et al, 2014). Häufig bewerten Umweltindikatoren Lebensraum- und Artenvielfalt, Landnutzung und Landbedeckung sowie invasive Arten. Die Entwicklung von standardisierten Verfahren zu Harmonisierung und Komplettierung von Indikatoren der Biodiversität und ihrer Gefährdungsursachen stellt einen europäischen Forschungsschwerpunkt dar (EPBRS, 2007a). Die Leistungsfähigkeit etablierter und weitbekannter Indikatoren wird mit der Zeit eingeschränkt, zum Beispiel, wenn Schutzmaßnahmen fast ausschließlich für Arten des Roten Listen Index der IUCN umgesetzt werden (Newton, 2011).

Um sicherzustellen, dass von Natur aus artenarme Lebensräume (z.B. Moore oder saure Buchenwälder) angemessen im Naturschutz vertreten sind, muss der Beitrag dieser Bereiche zur Gesamtbiodiversität berücksichtigt werden. Aktuelle Indikatoren der Artenvielfalt wären um die Aspekte der genetischen Vielfalt und der Ökosystemvielfalt zu erweitern (Walpole et al., 2009); multi-taxa Ansätze sind erforderlich, um die Leistungsfähigkeit der Indikatoren auf robuste Weise zu beurteilen (Schindler et al., 2013). Aufgrund der langen Zeitreihen, der simultanen in-situ Daten zu Gefährdungsursachen und deren Auswirkungen sowie der integrativen Ansätze bietet LTER-Austria eine hervorragende Gelegenheit zur Evaluierung und Verbesserung von Biodiversitätsindikatoren unter Berücksichtigung komplexer und nichtlinearer dynamische Prozesse (EPBRS, 2013). Stickstoffdeposition, die die lebensraumspezifischen empirischen Grenzwerte für Eutrophierung überschreitet, wurde zum Beispiel vor kurzem als nützlicher Indikator für die Empfindlichkeit der Waldbodenvegetation erkannt (Dirnböck et al., 2014). LTER-Austria bietet außerdem die Möglichkeit, mittels Zeitreihen für Indikator-Taxa die Auswirkungen von Luftschadstoffentransport auf Vielfalt, Gemeinschaft und Bestandsgrößen von Flechten (Mayer et al., 2013), Moosen (Zechmeister et al., 2007) und Waldbodenvegetation (Hülber et al, 2008; Dirnböck et al, 2014) zu ermitteln. Rezente Studien am LTER Standort Zöbelboden zeigten die direkten Auswirkungen von Luftverschmutzung auf die Verjüngung (Pröll et al., 2011) und deren indirekte Auswirkungen durch stickstoffabhängige Muster im Unterwuchs (Diwold et al., 2010) auf.

4.2.3 ÖKOSYSTEMFUNKTIONEN UND -LEISTUNGEN

Das Konzept der Ökosystemfunktionen und -leistungen (Costanza et al, 1997; De Groot et al, 2002; MEA, 2003; TEEB, 2010) wurde in den letzten Jahren zunehmend eingesetzt, da es einen Ansatz zur Bewertung der Bedeutung intakter Ökosysteme für den Menschen bietet. Flexible und hierarchische Klassifikationssysteme für Ökosystemleistungen wurden kürzlich entwickelt und angewendet (Haines-Young & Potschin 2013; Maes et al, 2013; Schindler et al, 2014). Der Beitrag der Biodiversität zu Ökosystemleistungen und der Einfluss von „Drivers“ und „Pressures“ auf Erhalt und Nutzung von Ökosystemen sind Forschungsaspekte von besonderer Bedeutung (Kremen, 2005; EPBRS, 2007b, 2011; Mace et al, 2012). Österreichische LTER Standorte eignen sich besonders gut für die Untersuchung von Ökosystemleistungen in Zusammenhang mit der biologischen Vielfalt von Wald- und Gebirgslebensräumen sowie besonders dynamischen Lebensräumen, wie Lawinenbahnen und natürliche Flussabschnitte. Rezente Studien am LTER Standort Stubai untersuchten zum Beispiel die relativen Beiträge der Eigenschaften von Pflanzen und Bodenmikroben auf Ökosystemleistungen von Bergwiesen (Grigulis et al 2013) sowie die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Tätigkeiten auf mehrere Ökosystemleistungen unter Klimawandel in Vergangenheit und Zukunft (Schirpke et al., 2013).

Folgende EPBRS Forschungsempfehlungen zu Ökosystemleistungen sind für die österreichische Biodiversitätsforschung im Rahmen von LTER besonders relevant (vgl. EPBRS, 2011):

- Verständnis der ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte der multiplen Ökosystemleistungen, Identifizierung von Trade-offs und Synergien zwischen Ökosystemleistungen und Entwicklung von Management-Mechanismen und innovativen Nutzungsmöglichkeiten;
- Identifizierung und Charakterisierung von linearen und nicht-linearen sozialen und ökologischen Dynamiken und deren Wechselwirkungen zur Erhöhung der Resilienz von Ökosystemleistungen;
- Verbesserung bestehender und Entwicklung neuer Managementtechniken zur Minderung von Gefährdungsfaktoren für Ökosystemleistungen und Schäden wie biologische Invasionen oder chemische Verschmutzung (einschließlich Pharmazeutika und Eutrophierung);
- Bewertung der Auswirkungen auf Ökosystemleistungen von neuauftretenden Gefährdungsfaktoren wie alternative Energiegewinnung, abrupte Landnutzungsänderungen und Verschmutzung durch Licht, Lärm, Nanopartikel und Mikro-Plastik;
- Besseres Verständnis der Störungen von Ökosystemleistungen auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen, bedingt durch natürliche und anthropogene Einflussfaktoren wie etwa Fehlanpassungen der Phänologie, trophische Interaktionen und Migration;
- Berücksichtigung von Unsicherheit, Komplexität und alle relevanten Wissensformen (einschließlich lokalen und traditionellen Kenntnissen), bei der Entwicklung von Methoden zur Integration von Ökosystemleistungen in Management und Entscheidungsfindung im öffentlichen und privaten Sektor;
- Verstehen und Bewertung von Ökosystemleistungen wenig untersuchter Ökosysteme wie Gletscher, Grundwässer und mikrobielle Gemeinschaften;
- Identifikation der Hauptgefährdungsursachen der Bodenbiodiversität und Quantifizierung ihrer Auswirkungen auf Ökosystemprozesse und -leistungen;

4.3 ANFORDERUNGEN

4.3.1 STRUKTURELLE ANFORDERUNGEN

Konzertierte Forschung zur biologischen Vielfalt ist entscheidend für die Entwicklung einer Fakten-Grundlage, die fundierte evidenzbasierte umweltpolitische Entscheidungen ermöglicht. Daher ist eine Forschungsstrategie, die auf allgemeiner Übereinstimmung der österreichischen Biodiversitätsforschungsgemeinschaft basiert und international bestätigt wurde, von großer Bedeutung. Um die Forschungsanstrengungen weiter zu stärken, ist ein noch effizienteres Netzwerk bestehender Forschungseinrichtungen, Initiativen, Naturschutzgebiete und Naturschutzprogramme nötig. Eine enge Verbindung zur europäischen und internationalen Ökosystemforschung (z.B. LTER-Europe) ist wünschenswert; einschlägige Wissensvermittlung in Schulen und Universitäten muss gefördert werden und Forschungseinrichtungen wie Museen oder Universitäten benötigen erhöhte langfristige Finanzierung. Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen Wissenschaft und der interessierten Öffentlichkeit müssen gezielt gefördert werden (EPBRS, 2013).

4.3.2 INSTITUTIONELLE ANFORDERUNGEN

Die Umsetzung der oben genannten strukturellen Anforderungen impliziert institutionelle Veränderungen. Im Rahmen des EPBRS Biodiversitätsforschung Strategie 2010 - 2020 werden fünf essenzielle Bereiche für die Entwicklung der Forschungslandschaft spezifiziert (EPBRS, 2010):

- Kontinuierliche Identifizierung, Überprüfung und „Horizon Scanning“ (d.h. breite, interdisziplinäre Früherkennung von zukünftigen Entwicklungen – vgl. Sutherland et al, 2014) der Forschungsschwerpunkte;
- Unterstützung europäischer und internationaler Plattformen (z.B. GEO Bon, ILTER, GBIF, Biodiversity-Knowledge) und Projekte (z.B. GLORIA);
- Erhöhung der Kapazität durch Ausbildung in Schulen und Hochschulen;
- Schaffung von Anknüpfungspunkten zwischen Forschung und Politik (z.B. über die Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services – IPBES); und
- regelmäßige Bewertung der europäischen Biodiversitätsforschung mit besonderem Augenmerk auf die Anwendbarkeit ihrer Forschungsergebnisse.

Aus Sicht der österreichischen Biodiversitäts-Forschungsgemeinschaft sollte höchste Priorität auf einem besseren Zugang zu biodiversitätsrelevanten Informationen und Datenbanken (z.B. Geodaten, Umweltdaten, Biodiversitätsdaten), auf die Langfristigkeit und Kontinuität von Forschungsprojekten und -netzwerken, auf die Integration und Vernetzung mit der internationalen Biodiversitätsforschung und damit verbundenen Initiativen und auf verbesserten Zugang zur Forschungsförderung gelegt werden (BDFA, 2008). Ein für LTER Forscher zugängliches „Datenzentrum für Biodiversitäts- und Naturschutzforschung“ sollte als Infrastruktureinrichtung zur Unterstützung der Forschungsaktivitäten dienen und wäre eine wichtige Voraussetzung für eine qualitative Optimierung der Forschung. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Gewährleistung der langfristigen Unterstützung bestehender Institutionen, die Beiträge zur Biodiversitäts- und Naturschutzforschung leisten (z.B. Forschungseinrichtungen, Museen und Sammlungen, Naturschutzgebiete), sowie die Möglichkeit zum Zugriff auf die in diesen Einrichtungen vorhandenen Daten. Ein einvernehmliches Konzept für die Auswahl künftiger Forschungsschwerpunkte scheint auch von besonderer Bedeutung zu sein. Auch dafür ist das LTER Konzept relevant, ohne dessen angepeilte Services es für einzelne LTER Standorte fast unmöglich wäre, Daten kompetent zu verwalten und in ihrer Gesamtheit einzelnen Forschungsgruppen zugänglich zu machen.

Das internationale LTER Netzwerk ermöglicht den Zugang zu internationalen Datensammlungen von LTER Standorten, an welchen eine Vielzahl von potenziellen Einflussfaktoren der Biodiversität gleichzeitig gemessen wird. In einem ersten Schritt bietet es Information über vorhandene Datensätze und deren Eigentümer und unterstützt österreichische Forschungsteams bei der Verbreitung von Studien und Datensätzen – eine Tatsache, die von großer Bedeutung im Hinblick auf das Akquirieren europäischer Forschungsfördergelder ist. Eine Abbildung der Forschungsschwerpunkte scheint unerlässlich und würde Geldgebern einen besseren Überblick über die gesamte Forschungslandschaft ermöglichen. Der aktuelle Versuch, die europäischen Forschungsinfrastrukturen entlang prioritärer Forschungsthemen wie Klimawandel und Biodiversitätsverlust zu organisieren, ist ein wesentlicher Schritt in diese Richtung. Forschungsinfrastrukturen und -programme sollen demnach deutlicher darstellen, wie sie diese Forschungsthemen adressieren und die damit verbundenen Leitfragestellungen, Parameter, Aktivitäten und Anknüpfungspunkte zu anderen Infrastrukturen festlegen (siehe Kapitel 6 und insbesondere Abb. 12).

In diesem Zusammenhang ist das ESFRI Projekt Lifewatch von hoher Relevanz (www.lifewatch.eu). Es verbindet „Ressourcen“ (Produzenten von Daten mit Biodiversitätsbezug, wie z.B. LTER Standorte oder Sammlungen) mit deren wissenschaftlichen Nutzern und unterstützt Datenzugang, Data-Mining und Arbeitsprozesse für komplexe Analysen. LTER-Europe ist eine ergänzende in-situ Komponente zur Unterstützung der e-Infrastruktur Lifewatch (siehe Kapitel 6). LTER-Europe und Lifewatch kooperieren auf Grundlage einer förmlichen Vereinbarung über die Zusammenarbeit (MoU) eng miteinander (siehe Anhang Kapitel 8.4). Forschungsgemeinschaften und nationale Organisationen, die in LTER-Europe und Lifewatch engagiert sind, überlappen in etwa 50% aller Lifewatch-Länder stark und sichern dadurch effiziente Interessenvertretung und maximale Nutzung von Synergien. In Österreich wurde 2011 eine nationale Lifewatch-Strategie entwickelt (Mirtl et al., 2011), die LTER-Austria und die österreichische Biodiversitäts-Dokumentation (Museen und Sammlungen im nationalen GBIF-Konsortium organisiert) als „Ressourcen“ mit der BDFA als Vertreterin der wissenschaftlichen Datennutzer integriert. Im Rahmen der Entwicklung einer nationalen ESFRI-Roadmap auf dem Gebiet der Umweltforschung mit LTER als zentralen Pool für in-situ Infrastrukturen, wird Lifewatch eine wichtige funktionale Komponente sein.



Rasterrahmen für Beprobung: © Michael Mirtl

4.4 PRODUKTE UND NUTZER

Die Triebkräfte des globalen Wandels zwingen öffentliche Verwaltung und Naturschutzorganisationen dazu, sich mit komplexen Fragen zu beschäftigen, wie zum Beispiel „Wo sind Schutzmaßnahmen aus ökologischer und ökonomischer Sicht am sinnvollsten?“ oder „Auf welcher räumlichen Skalenebene werden sie wahrscheinlich die meisten positiven Ergebnisse liefern?“. Je genauer zukünftige Entwicklungen eingeschätzt werden können, desto einfacher ist es, diversen Fehlentwicklungen erfolgreich zu begegnen. Angesichts des breiten Spektrums der beteiligten Experten liefert die Biodiversitäts- und Naturschutzforschung ungemein vielfältige Ergebnisse. Diese sollten für weiterführende Forschung, aber auch für politische Entscheidungsträger und die Gesellschaft als Grundlage für künftige Planung und Entscheidungsfindung verfügbar gemacht werden. Gerade aufgrund der vielen Schnittstellen zwischen Biodiversität und den verschiedenen Landnutzungssektoren (z.B. Land-, Forst- und Tourismusindustrie) sind die transdisziplinären Ergebnisse der Biodiversitäts- und Naturschutzforschung essenziell, um praktische Ansätze für die nachhaltige Nutzung der traditionell verwendeten Ressourcen zu erarbeiten. Entscheidungsträger und Verwalter lebenswichtiger Güter (z.B. Wasser) sind somit direkte Begünstigte der Biodiversitäts- und Naturschutzforschung.

4.5 VERNETZUNG

Es besteht zweifellos starker Bedarf an monodisziplinärer Grundlagenforschung auf allen Ebenen der Biodiversität (genetische, Arten- und Ökosystemvielfalt). Viele Biodiversitäts- und Naturschutzforschungsthemen erfordern jedoch multidisziplinäre Forschungsteams (EPBRS, 2010). Das LTER Netzwerk fördert die Vernetzung österreichischer Biodiversitätsforschung, denn es bietet die Möglichkeit der Verknüpfung von (I) verschiedenen Standorten zur Beantwortung von Forschungsfragen unter unterschiedlichen ökologischen Bedingungen, (II) Biodiversitätsforschung mit sozio-ökologischer und -ökonomischen Forschung an den LTSE Plattformen, und (III) österreichischer Biodiversitätsforschung mit europäischen Partnern in LTER-Europa und globale Partner in ILTER.

Viele Themen der Biodiversitätsforschung, insbesondere im Zusammenhang mit Naturschutz, müssen in einer multidisziplinären Weise bearbeitet werden. Biodiversitätsforschung ist daher oft stark mit den anderen LTER Themenbereichen – prozessorientierte Ökosystemforschung und sozioökologische Forschung – verbunden. Die Plattform Biodiversität Forschung Austria (BDFA) wurde 2008 gegründet, um die österreichische Biodiversitätsforschungsgemeinschaft sowohl untereinander, als auch mit internationalen Aktivitäten, Förderorganisationen, politischen Entscheidungsträgern in Umweltfragen und der breiten Öffentlichkeit zu vernetzen. Nach Ausbleiben der Finanzierung ab dem Jahr 2010 musste die Plattform ihre Aktivitäten jedoch stark einschränken.

Neue größere Biodiversitätsforschungsinitiativen werden derzeit in Österreich gestartet (z.B. der österreichische Barcode of Life), es ist aber nicht angedacht, dass sie die Networking-Funktionen der BDFA abdecken werden. So ist Österreich weiterhin weit von einer Situation wie z.B. in Belgien, der Schweiz und Deutschland entfernt, wo die Biodiversitätsforschungsplattformen eine sehr aktive Rolle in gut vernetzten Biodiversitäts-Forschungsgemeinschaften einnehmen und als Sprachrohr gegenüber anderen Forschungsdisziplinen, politischen Entscheidungsträgern und der Öffentlichkeit fungieren. LTER-Austria könnte in diesem Zusammenhang eine noch stärkere Rolle spielen, bietet es doch ausgezeichnete Bedingungen für transdisziplinäre Zusammenarbeit an seinen Standorten und Plattformen. Dadurch könnten auch bestimmte Forschungsschwerpunkte trotz Sparmaßnahmen für Umweltbudgets gezielt gefördert werden. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit in LTER Netzwerken ist durch hohen wissenschaftlichen Standard gekennzeichnet, insbesondere hinsichtlich der effizienten Übertragung von Information zwischen Forschungsteams. Bedingt durch eine im Rahmen von LTER bessere Koordinierung zwischen wissenschaftlichen Disziplinen erfolgt eine Erhöhung der Synergiepotenziale. Dieser entscheidende Faktor kann auch von Geldgebern leicht identifiziert werden.

5 SOZIO-ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG, LTSER (THEMENBEREICH III)

5.1 DEFINITION UND THEMATISCHE BEREICHE

Die rasch ablaufenden Umweltveränderungen im Rahmen des globalen Wandels verlangen nach wissenschaftlich begründeten Antworten. Hierfür müssen Ursachen- und Prozessforschungen durchgeführt, aber auch Informations- und Monitoringsysteme erarbeitet werden.

Da globaler Wandel langfristige Folgen hat, kann kurzfristige Projektforschung nur unzureichende Antworten liefern. Ebenso sind disziplinär organisierte Ansätze unzureichend. Mensch-Umwelt-Systeme können nur interdisziplinär erfasst und erklärt werden. Es ist als Wirkungsgefüge physikalisch-chemischer, biologischer und sozio-kultureller (oder gesellschaftlicher und kultureller) Prozesse aufzufassen; der Mensch ist darin zugleich Verursacher und Betroffener, kann aber auch zum Gestalter werden (Steffen et al. 2002). Auch Lösungen und Adaptionsstrategien für den gesellschaftlichen Umgang mit dem globalen Wandel verlangen eine umfassende Zugangsweise, die auf die Wechselbeziehungen zwischen Gesellschaft und den biotischen und abiotischen Komponenten des Erdsystems, auf ihre Entwicklung bis heute und in Zukunft Bezug nimmt. Umweltphänomene müssen als komplexe gesellschaftliche Probleme angesehen werden und nicht bloß als Naturerscheinungen (Ehlers 2008).

Es ist Wissen gefragt, das Gesellschaft, Politik und Wirtschaft unterstützt, dauerhaft nachhaltige Entwicklungspfade einzuschlagen. Nachhaltigkeit wird dabei als Zielvorstellung verstanden, die ökologischen Grundlagen nicht zu gefährden, soziale Konflikte zu vermeiden und wirtschaftlich stabilisierend zu wirken. Nachhaltigkeit ist somit eine Strategie, die dazu dient, die Lebensgrundlagen zukünftiger Generationen zu sichern. Dazu muss unter anderem die Fähigkeit der Ökosysteme, die von der Gesellschaft benötigten Leistungen („ecosystem services“) zu erbringen, dauerhaft aufrechterhalten werden. Nachhaltigkeit ist in diesem Sinne als dynamisches Konzept zu verstehen (Haberl et al. 2004). Forschung, die sich diesem Paradigma verschreibt, muss daher integrativ, inter- und transdisziplinär sowie langfristig angelegt sein (vgl. Kates et al. 2001; Parris & Kates 2003a; Parris & Kates 2003b; Turner et al. 2003a). Das LTSER Programm ermöglicht eine solche Konzeption für die Zukunft.

Ökologische Langzeitforschung (LTER) muss um sozio-ökonomische Dimensionen erweitert werden, um die Wechselwirkungen zwischen einerseits gesellschaftlichen und wirtschaftlichen und andererseits ökologischen Faktoren in Mensch-Umwelt-Systemen verständlich zu machen (Redman et al. 2004; Singh et al. 2013). Soziale Ökologie wird als Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen (Becker & Jahn 2006) bzw. von den Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Natur verstanden (vgl. z.B. Fischer-Kowalski & Erb 2006). Auch bei „sustainability science“ steht die Wechselbeziehung von gesellschaftlich-ökonomischem Handeln und der natürlichen Umwelt im Mittelpunkt, wobei Gesellschaft und Natur als gekoppelte Systeme einander gegenseitig beeinflussen (Kates et al. 2001). Die Herausforderung an die Forschung besteht darin, die nicht-linearen, komplexen und selbst organisierenden Systeme zu verstehen und daraus Lösungsvorschläge abzuleiten (WBGU 2007). Ein solcher Ansatz kann als sozial-ökologisch, integrativ, grundlegend sowie orts- und regionalgebunden bezeichnet werden (Gallopin 2002). Dies sind Forderungen, die von der Forschung in LTSER Plattformen vollinhaltlich erfüllt werden (Mirtl et al. 2013).

Sechs zentrale Forschungsbereiche können für den sozial-ökologischen Bereich definiert werden (vgl. Haberl et al. 2006). Sie sind so flexibel zu gestalten, dass sie jederzeit Modifikationen erlauben, um sich an die ständig wandelnden Rahmenbedingungen des globalen Wandels anzupassen. Es sind dies:

- **Biophysische (materielle und energetische) Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Ökosystemen.** Die langfristige Entwicklung von sozio-ökonomischen Systemen hängt von den funktionalen Leistungen der Ökosysteme und der daran angepassten menschlichen Nutzung ab. Die Erforschung jener Material- und Energieflüsse, die Gesellschaften benötigen, um ihre biophysischen Strukturen aufrechtzuerhalten („gesellschaftlicher Stoffwechsel“), ist von hoher Relevanz (Haberl et al. 2013a, b). Neben den quantitativen Dimensionen stofflicher und energetischer Wechselwirkungen beeinflussen auch qualitative Veränderungen – beispielsweise chemische Umwandlungen oder genetische Modifikationen – die langfristigen Entwicklungsmöglichkeiten der Systeme. Die Erforschung von langfristigen Prozessen und deren Interaktionen mit Prozessen in anderen Skalenbereichen liefert die Grundvoraussetzung für die Entwicklung langfristiger Handlungs- und Anpassungsstrategien im sozio-ökonomischen System.

- **Kulturlandschaftsforschung.** Das natürliche Potenzial von Ökosystemen bildet den Rahmen für dessen Inwertsetzung durch Individuen und Gesellschaften. Diese unterliegen ständig wechselnden Ansprüchen, die wiederum von technologischen, wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Bedingungen abhängen, die die Landnutzung entscheidend prägen. Binnen- und außenwirtschaftliche Verflechtungen sind weitere Einflussfaktoren. Auch sie unterliegen einem ständigen Wandel. Derzeitige Kultur- und Flusslandschaften reflektieren daher in gewisser Weise die ökologischen Rahmenbedingungen, die durch Prozessabläufe in Wirtschaft und Gesellschaft genutzt, aber auch beeinträchtigt werden können, was zu strukturellen Veränderungen in der Landschaft führt. Schließlich stellt die gegenwärtige Kulturlandschaft immer nur ein „Durchgangsstadium“ dar. Ihre Dynamik entsteht im Wechselspiel natürlicher und anthropogener Faktoren, wobei sozio-ökonomische Veränderungen Natur und Ökosysteme verändern und umgekehrt (Wrbka et al. 2004). So wie sich Kulturlandschaften historisch ständig verändert haben, werden sie sich auch in Zukunft wandeln.
- **Kommunikations- und Handlungsforschung.** Handlungstheorien stellen neue Ansätze für die Analyse von Handlungsabläufen und Handlungsfolgen bereit. Sie gewährleisten, dass Akteure und Aktionen identifiziert werden können, die stabilisierend oder zerstörend in Ökosysteme eingreifen. Die Kenntnis solcher Handlungs- und Kommunikationsabläufe ist notwendig, um nicht-tragfähige Aktionen zu identifizieren und best-practice Modelle zu entwickeln. Die Erforschung relevanter gesellschaftlicher Wissensbestände sowie deren Wandel im Laufe der Zeit sind in diesem Bereich von großer Bedeutung. Die transdisziplinäre Einbindung von Personen aus der gesellschaftlichen Praxis („stakeholder“) in Forschungsprozesse ist daher in der sozial-ökologischen Langzeitforschung besonders wichtig.
- **Governance-Forschung.** Um nachhaltige Entwicklungen einzuleiten, ist es nötig, das Ziel der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen gleichwertig mit anderen wirtschaftlichen und sozialen Zielen zu verankern. Dazu müssen neue Governance-Strukturen gebildet werden. Ein besseres Verständnis der Zielkonflikte zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen ist dafür von entscheidender Bedeutung (Adams et al. 2003; Dietz et al. 2003). Nur so wird sich die Verletzlichkeit („vulnerability“) der Ökosysteme und der Gesellschaft in einer Region verringern lassen. Nachhaltigkeit verlangt soziale Akzeptanz von Strategien und Maßnahmen zur Erhaltung natürlicher Lebensgrundlagen. Dies erfordert die Änderung von einseitig „top down“ orientierten Organisationsformen hin zu solchen, die ausgewogene Interaktionen zwischen „top down“ und „bottom up“ Prozessen unterstützen. Dazu ist es nötig, neben politischen Entscheidungsträgern auch Akteure aus Nichtregierungsorganisationen, Wirtschaft und der Gesellschaft generell in die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstrategien und -maßnahmen einzubinden.
- **Risiko- und Resilienzforschung.** Naturereignisse werden nur dann zu Risiken, wenn der Mensch davon betroffen ist. Sie beinhalten Gefahren und Chancen (Felgentreff & Glade 2007; Kulke & Popp 2008). Vulnerabilität und Resilienz wirken als verbindende Elemente zwischen natur- und sozialwissenschaftlicher Ökosystemforschung (Blaikie et al. 1994; Turner et al. 2003b). Sie sind räumlich und zeitlich dynamisch (Bohle & Glade 2007). Risikoforschung kann als Klammer zwischen naturwissenschaftlich-ökologischer Forschung und sozial-ökologischer Forschung verstanden werden (Stötter & Coy 2008).

Diese Forschungsansätze müssen folgenden Prinzipien folgen:

- Verringerung der Verwundbarkeit und gegebenenfalls Stärkung der Resilienz von Raumsystemen (Ökosystem, Gesellschaftssystem, Wirtschaftssystem; vgl. dazu Holling 1973; Blaikie et al. 1994).
- Interdisziplinarität, eventuell sogar Postdisziplinarität (mode-2-Ansätze). Die komplexen Systemzusammenhänge können nicht mehr disziplinär erfasst und erklärt werden. Wenn es gelingt, disziplinäre Strukturen in höchster Integration postdisziplinär zu überwinden, kann ein neues Erkenntnisniveau erreicht werden (Kates et al. 2001; Hirsch-Hadorn et al. 2008).
- Transdisziplinarität. Nur eine systematische Integration von Stakeholdern in den Forschungsprozess ermöglicht zukunftsfähige und sozial akzeptierte Lösungen (vgl. Maihofer 2005, Dressel et al. 2014). Dabei ist darauf zu achten, dass sowohl für Stakeholder als auch für ForscherInnen ein Mehrwert entsteht (Newig et al. 2008a).

Aus alledem folgt: LTSER ermöglicht, die Komplexität von Öko- und Sozialsystemen in ihrer Wechselwirkung zu verstehen. Die Systeme wirken ineinander, wobei Rückkopplungen nicht die Ausnahme, sondern die Regel

sind. Eine in diesem Zusammenhang wichtige Frage ist, wie soziale Strukturen und Einzelereignisse Ökosysteme beeinflussen und beeinflusst haben. Hierzu bietet u.a. die Umweltgeschichte einen geeigneten Rahmen (Winiwarter & Knoll 2007). Sie ist prozessual angelegt und schließt Ansätze der Wahrnehmungsforschung ein. Umweltgeschichte ermöglicht zudem, die Langfristsperspektive von LTSER bis in vorindustrielle Perioden zu verlängern.

Nachhaltigkeitsforschung braucht ein Verständnis von sozial-ökologischen Übergängen, die fundamentale Veränderungen des Verhältnisses zwischen natürlichem und sozialem System darstellen (Fischer-Kowalski & Haberl 2007). Während solcher Übergänge ändern sich Nachhaltigkeitsprobleme grundlegend – vgl. etwa die Nachhaltigkeitsprobleme von Agrar- und Industriegesellschaft. Ein weiteres wichtiges Thema ist die Identifikation von „legacies“, also der langfristigen materiellen und immateriellen Wirkungen vergangener Ereignissen bis in die Gegenwart und Zukunft. Ein Beispiel ist das Landschaftsbild, das durch Entscheidungen und Eingriffe in der Vergangenheit über Jahrhunderte, nicht selten sogar Jahrtausende beeinflusst wird. Von historischen Bewirtschaftungssystemen in der Landnutzung lässt sich oft auf heutige Regionalentwicklungsprozesse schließen. Dazu zählt z.B. die Bedeutung von Wahrnehmung und Identifikation von Menschen mit ihrer Landschaft.

LTSER stellt sich die Aufgabe, das langfristige Zusammenwirken von ökologischen und sozialen Systemen (unter Einschluss von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft) zu analysieren, gegenwärtige und zukünftige Problemfelder zu identifizieren und dauerhaft tragfähige Lösungen zu erarbeiten. Der Einfluss der Natur auf die Gesellschaft, die Nutzung natürlicher Ressourcen und die Rückwirkungen der ökonomischen und landschaftsverändernden Entscheidungen von Menschen auf Ökosysteme ist hierbei ein wichtiges Forschungsthema. Die Wechselwirkungen von Umwelt und Mensch verändern sich stetig. Historische Ansätze sind daher ebenso nötig wie das Nachdenken über die Zukunft, etwa in Form von Szenarien. Im Konkreten geht es um die Identifikation von unterschiedlichen Ressourcennutzungs-Strategien einzelner Akteure, wie dies beispielsweise bei Entscheidungen in der Landwirtschaft und Verfahren in der Landnutzung der Fall ist. Dabei spielt die Analyse ökonomischer Strukturen, die diese Entscheidungen erheblich determinieren, eine wichtige Rolle. Weiterer Forschungsgegenstand ist die gesellschaftliche Wahrnehmung der entstandenen Muster (Wahrnehmung, Identität). Nicht zuletzt ist es wichtig, relevante Institutionen und deren Rolle bei der Entwicklung von Regionen in Richtung Nachhaltigkeit zu identifizieren.

5.2 METHODEN UND ZUGANGSWEISEN

Sozio-ökologische Forschung innerhalb von LTSER stellt sich der Herausforderung, unterschiedliche Disziplinen aus naturwissenschaftlichen wie auch kultur- und sozialwissenschaftlichen Fachbereichen zu integrieren. Ein Zusammenführen so unterschiedlicher Ansätze bedingt eine Vielfalt an Methoden. Somit prägt Methodenpluralismus die Arbeit sozio-ökologischer Forschung in LTSER, wobei es unter anderem um folgende Methoden und Ansätze (bzw. deren Kombination) geht:

- Prozessorientierte Methoden (z.B. sozial-metabolische Methoden wie Material- und Energieflussanalyse, sozial-ökologische Indikatoren, toxikologische Methoden etc.)
- (Umwelt)historische und archäologische Methoden
- Geografische Methoden (Integrationslehre, Synergetik, Landnutzungsforschung, lokale Wissensanalyse, Systemanalyse, GIS, Fernerkundung, Laserscanning, Feldforschung, Kartierung)
- Ökonomische Methoden (I/O-Analyse etc.) inkl. Methoden der Umweltökonomie und der Ökologischen Ökonomik
- Sozialwissenschaftliche Methoden (qualitativ und quantitativ)
- Demografische Methoden (Bevölkerungsstruktur, Mobilitätsanalyse)
- Verwundbarkeits- und Resilienzanalyse
- Interdisziplinäre Synthese und Modellbildung (formale Modelle, heuristische Modelle, Mindmaps etc.), Szenarioanalyse
- Inter- und transdisziplinäre Methoden
- Transdisziplinäre/partizipative Methoden



Schafbeweidung im Gebirge: © fotolia

Sozial-ökologische Forschung ist ein relativ junges und sich dynamisch entwickelndes Forschungsfeld, dessen Konturen sich derzeit herauszukristallisieren beginnen. Die Entwicklung neuer Ansätze und Methoden nimmt daher großen Raum ein, insbesondere was die inter- und transdisziplinäre Synthese betrifft. LTSER benötigt z.B. innovative Ansätze zur Integration von Methoden der Sozial- und Naturwissenschaften. Ebenso erfordert LTSER eine Integration von Methoden der Grundlagenforschung (z.B. Monitoring, Messmethoden, empirische Sozialforschung, Theorieentwicklung usw.) über Evaluation der prognostizierten Prozesse hin zu Methoden angewandter Forschung, wie die Aufbereitung von Planungsvorschlägen und Interventionsstrategien, die zur Entscheidungsfindung innerhalb der Region beitragen. Die Vernetzung mit der prozessorientierten Langzeit-Ökosystemforschung sowie der Biodiversitäts- und Naturschutzforschung ist von großer Bedeutung. Dies betrifft etwa die Wechselwirkungen zwischen Ökosystemprozessen und gesellschaftlich-wirtschaftlichem Wandel, die Biodiversität in ihrer sozio-ökonomischen Bedeutung sowie deren Gefährdung durch wirtschaftliche Aktivitäten. „Ecosystem services“ können erst vor diesem Hintergrund des Wechselspiels zwischen Gesellschaft und Natur verstanden werden.

5.3 ANFORDERUNGEN

Ähnlich wie bei disziplinärer Arbeit in den Natur- oder Sozialwissenschaften bildet die Verfügbarkeit von Daten und Quellen die Grundlage jeglicher sozial-ökologischen Forschung. Einzelne Forschergruppen haben wertvolle raum-zeitliche Datenbanken erstellt und mit hohem Humankapital Harmonisierungen erarbeitet und z.T. in Web-GIS-Systeme integriert, die bei projektorientierter Wissenschaft rasch zu Datenfriedhöfen verkommen. Um den bleibenden Nutzen dieser von der Gesellschaft finanzierten Arbeit zu sichern, ist LTSER wichtig. Miteinander kombiniert können diese voneinander isolierten Datensätze ein neues Potenzial bekommen. Die infrastrukturellen Voraussetzungen sind denen des naturwissenschaftlichen Bereiches ähnlich. Nun gilt es, die vorhandenen – teilweise recht divergenten – Datenbanken in ein harmonisiertes System zu integrieren.

Daraus folgen große Anforderungen:

- Integration von Realraumdaten (vor allem aus der Ökologie), Rasterdaten (vor allem aus der Biodiversitätsforschung), zeitlichen Daten und administrativen Raumdaten (vor allem aus der sozialwissenschaftlichen Forschung sowie aus – hierfür eigens zu finanzierenden – Sonderauswertungen der Statistik Austria).
- Integration historischer Daten inkl. der Digitalisierung historischer Quellen (vor allem das Anlegen eines kommentierten Metadatensatzes dieser einzigartigen Datensammlung).
- Schaffung von Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Skalenniveaus, welche die Nutzung von Daten aus verschiedenen räumlichen Ebenen unterstützen.
- Erarbeitung von Szenarientechniken, die nicht nur prognostische Aussagen erlauben, sondern auch Orientierungs- und Handlungswissen unterstützen (sowohl „what-if“ als auch „forced future“ Szenarien).



Messstation Zöbelboden: © Franz Rokop

5.4 PRODUKTE UND ADRESSATEN

Aus den beschriebenen Forschungsfragen und Methoden des sozialökologischen Stranges innerhalb von LTSER lassen sich vorläufig folgende Produkte aus diesem Bereich identifizieren:

- Innovative Methoden der interdisziplinären Grundlagen- und der transdisziplinären Forschung im Bereich der Interaktionen im Mensch-Umwelt-System;
- Langzeitanalysen von sozio-ökologischen Transitionsprozessen zur Unterstützung und Beratung zukünftiger nachhaltiger Regionalentwicklungsstrategien;
- Einschätzung von Risiken, Vulnerabilität und Resilienz;
- Integrierte sozial-ökologische Modelle, die in transdisziplinären Prozessen eingesetzt werden können und erlauben, Stakeholder bei der Erarbeitung von Nachhaltigkeitsstrategien zu unterstützen;
- Szenarien der zukünftigen Raumentwicklung, die die Erarbeitung von Adaptionstrategien erlauben. Interdisziplinäre sozial-ökologische Grundlagenforschung sowie anwendungsbezogene transdisziplinäre Forschung führt zu neuen Erkenntnissen in der Wissenschaft und für die gesellschaftliche Praxis. Als Grundlagenforschung trägt sozial-ökologische Forschung zu interdisziplinärer Nachhaltigkeitsforschung bei. Davon ausgehend werden Erkenntnisse in die disziplinären Wissenschaften getragen. Als transdisziplinäre Forschung generiert die sozio-ökologische Komponente von LTSER Erkenntnisse und Produkte für Stakeholder wie EntscheidungsträgerInnen auf unterschiedlichen Skalenebenen und trägt damit zur nachhaltigen Regionalentwicklung bei.

5.5 VERNETZUNG

LTSER untersucht die Auswirkungen des Ressourceneinsatzes auf Biodiversität und Ökosystemfunktionen (z.B. Stoffflüsse). Forschung über Ressourcennutzung inkludiert explizit soziale und ökonomische Fragestellungen. Verschiedene Prozesse können auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalenebenen ablaufen, einander mehr oder weniger stark beeinflussen, mitunter in verschiedene Richtungen gehen oder mit unterschiedlicher Geschwindigkeit voranschreiten.

Soll LTSER auf Plattformen wie Tyrolean Alps und Eisenwurz konzentriert werden?

Wie könnte LTSER optimal mit sozial-ökologischer Forschung, die nicht in Plattformen stattfindet, vernetzt werden? Sozio-ökologische Langzeitforschung (LTSER) profitiert von einem Ansatz, der die unterschiedlichen Skalenebenen gesellschaftlicher Handlungsbereiche und ökologischer Prozesse berücksichtigt sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Skalenebenen analysiert.

Die große Herausforderung der sozio-ökologischen Stränge innerhalb von LTSER ist die Zusammenführung von Personen aus unterschiedlichen Disziplinen der Natur-, Sozial- und Kulturwissenschaften sowie von Menschen und Institutionen aus der Praxis. Die Wahl des Forschungsgebietes und der Untersuchungsebenen spielt dabei eine wesentliche Rolle und hat großen Einfluss darauf, ob und wie sich Sozial- und Kulturwissenschaften (Humangeografie, Soziologie, Geschichtsforschung, Politikwissenschaft, Volkswirtschaftslehre usw.) und technische Wissenschaften (Mathematik, Physik, Informatik, Statistik usw.) in die Forschung einbringen können und wollen.

6 EUROPÄISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

Eine der Hauptabsichten, die die Europäische Kommission ab 2004 mit dem Instrument der „Networks of Excellence“ (NoE) verfolgte, war die Integration von Institutionen und Infrastrukturen (ALTER-Net für terrestrische und aquatische Forschung, MARBEF für den Bereich der marinen Forschung sowie EDIT für die taxonomischen Sammlungen). Ihnen allen ist gemeinsam, dass sie im Gegensatz zu anderen Forschungsbereichen mit kostenintensiven Infrastrukturen (Teilchenphysik, Astronomie) über keine langfristig gesicherte Finanzierung ihrer Infrastrukturen verfügen, weder national noch international. Zudem fehlten ihnen bisher strategische Instrumente, um eine europäische Finanzierungsschiene mit nationalen Finanzierungsschienen zu koppeln, so wie das für die genannten Beispiele der Teilchenphysik und Astronomie mit der **European Strategy Forum for Research Infrastructure (ESFRI)** der Fall ist: Auf europäischer Ebene wird eine ESFRI Roadmap für jeweils 5 Jahre erarbeitet, die dann in nationale ESFRI Roadmaps übersetzt wird (oder werden sollte). Damit bewegt die EU substanzielle nationale Mittel für Infrastrukturen, die dem gesamten europäischen Forschungsraum zur Verfügung stehen. Prominente Beispiele sind der Teilchenbeschleuniger in CERN oder die europäischen Teleskopanlagen in Chile (ESO). Die Summen bewegen sich im Bereich zweistelliger Euro-Millionenbeträge pro Land und Jahr.

Obwohl exzellente **Ökosystemforschung** in Summe vergleichbare Mittel benötigen würde, hat das Wesen ihrer Forschungseinrichtungen bisher einen ähnlich strategischen Ansatz verhindert: Es handelt sich um über **vergleichsweise kleine Einzelstandorte quer über die biogeografischen Regionen** und Länder Europas, getragen von einer Vielzahl von Institutionen und zuständigen Ministerien. Laut Erhebungen von LTER-Europe in 21 Staaten repräsentieren diese verteilten Infrastrukturen (ca. 400 Standorte) einen kumulativen Investitionswert von ca. 450 Mio. €, wobei manche Standorte seit über 100 Jahren betrieben werden. Allerdings erfolgten diese Investitionen ohne zentrale Steuerung nach Maßgabe institutioneller Aufträge und wissenschaftlicher Eigeninteressen. Die Überführung in eine vielfach genutzte, verteilte Forschungsinfrastruktur würde einen Bruchteil des ursprünglichen Investitionswertes erfordern, kann aber nur im Wechselspiel zwischen Europa und den nationalstaatlichen Netzwerken (Standort-Trägern) erfolgen.

Das erwähnte **European Strategy Forum for Research Infrastructure (ESFRI)** beinhaltet thematische Bereiche mit strategischen Arbeitsgruppen (Strategic Working Groups). Neben thematischen Bereichen wie Physik und Engineering wurde auch der Bereich „Umwelt und Erdwissenschaften“ eingerichtet, der sich seit 2006 zunehmend der verteilten Infrastrukturen im Bereich der Biodiversitäts- und Ökosystemforschung annimmt.

Das **ESFRI Pilotprojekt „LifeWatch“** (s. Abb. 9) bot eine Plattform für alle Networks of Excellence (ALTER-Net, MARBEF, EDIT), aber auch Netzwerke, die sich aus den NoEs entwickeln (z.B. LTER-Europe) und parallel entstehen (z.B. BioFresh für aquatische Standorte). Dabei versuchte LifeWatch vorerst die gesamte Bandbreite von nötigen **Daten-Dienstleistungen** (e-Infrastruktur) für Forschung **bis hin zu den Forschungsstandorten** (in-situ Komponente) abzudecken. In Österreich wurde auf die Initiative von LTER-Austria ein nationales LifeWatch Konsortium etabliert, das ein österreichisches LifeWatch Konzept erstellte und dazu Gespräche mit den zuständigen Ressorts (BMFWF, BMLFUW) aufnahm. Bis zum Jahr 2013 kristallisierte sich jedoch klar heraus, das LifeWatch sich auf **die Funktion als e-Infrastruktur** fokussieren würde, um den Zugang zu Biodiversitätsdaten, deren Verwaltung und Datenanalysen („workflows“) zu unterstützen.

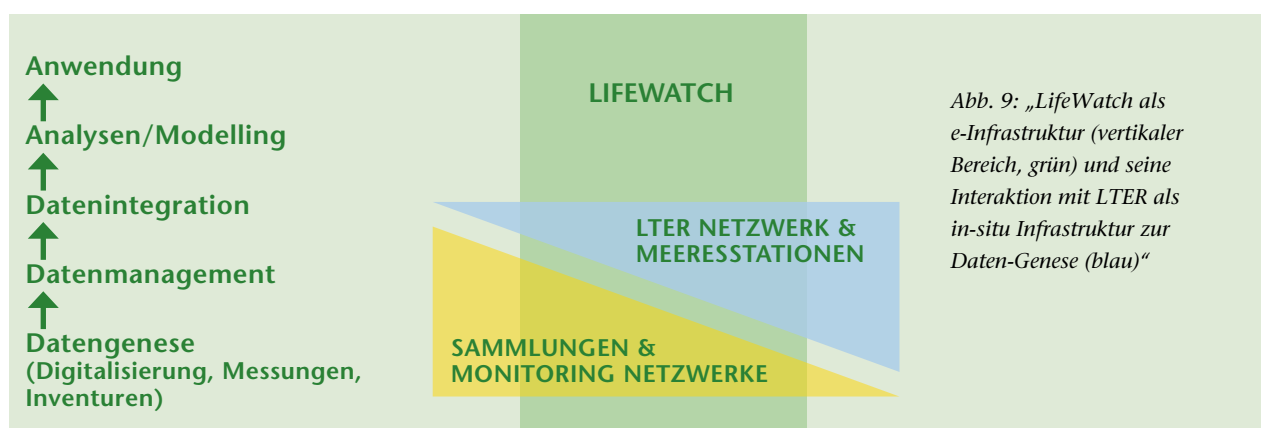


Abb. 9: „LifeWatch als e-Infrastruktur (vertikaler Bereich, grün) und seine Interaktion mit LTER als in-situ Infrastruktur zur Daten-Genese (blau)“

LTER-Europe soll nach dem derzeitigen Plan ein wesentliches komplementäres Standort-Netzwerk repräsentieren, das Daten generiert und Dienstleistungen von LifeWatch nutzt. Die nationalen Teams von LifeWatch und LTER-Europe kooperieren eng. LTER-Europe und LifeWatch zeichnen ein formales Memorandum of Co-operation, das ihre Rollen und Interaktionen regelt (siehe Annex Kapitel 8.4).

Eine weitere Initiative von hoher Relevanz für LTER-Austria entstand im Kontext des INFRA-2010 Calls 1.1.17 für ein I3-Projekt zu „Sites and experimental platforms for long-term ecosystem research“: Das Konsortium EXPEER, zusammengesetzt aus LTER-Europe und AnaEE (Analysis and Experimentation in Ecosystems). EXPEER fokussiert auf Schlüssel-Infrastrukturen der Ökosystemforschung (Highly Instrumented Experimental/Observational Sites, HIES, HIOS) und deren Integration inklusive Auswertungen und Modelling (siehe Abb. 10). Im Bemühen um nachhaltige Verankerung der Infrastrukturen und nach einem MoU im Jahr 2009 betreibt AnaEE nun ein ESFRI Pilotprojekt im Bereich der Medical und Biological sciences (experimentelle Ansätze mit Fokus auf Agro-Systeme/JPI FACCE). LTER-Europe hat gemeinsam mit der Critical Zone Community ein Horizon 2020 Infrastrukturprojekt eingereicht (eLTER). Derzeit wird an einem Konzept gearbeitet, wie Standorte, die langfristig beobachtende Ökosystemforschung betreiben, mit kleinräumiger experimenteller Forschung (AnaEE) kombiniert werden können.

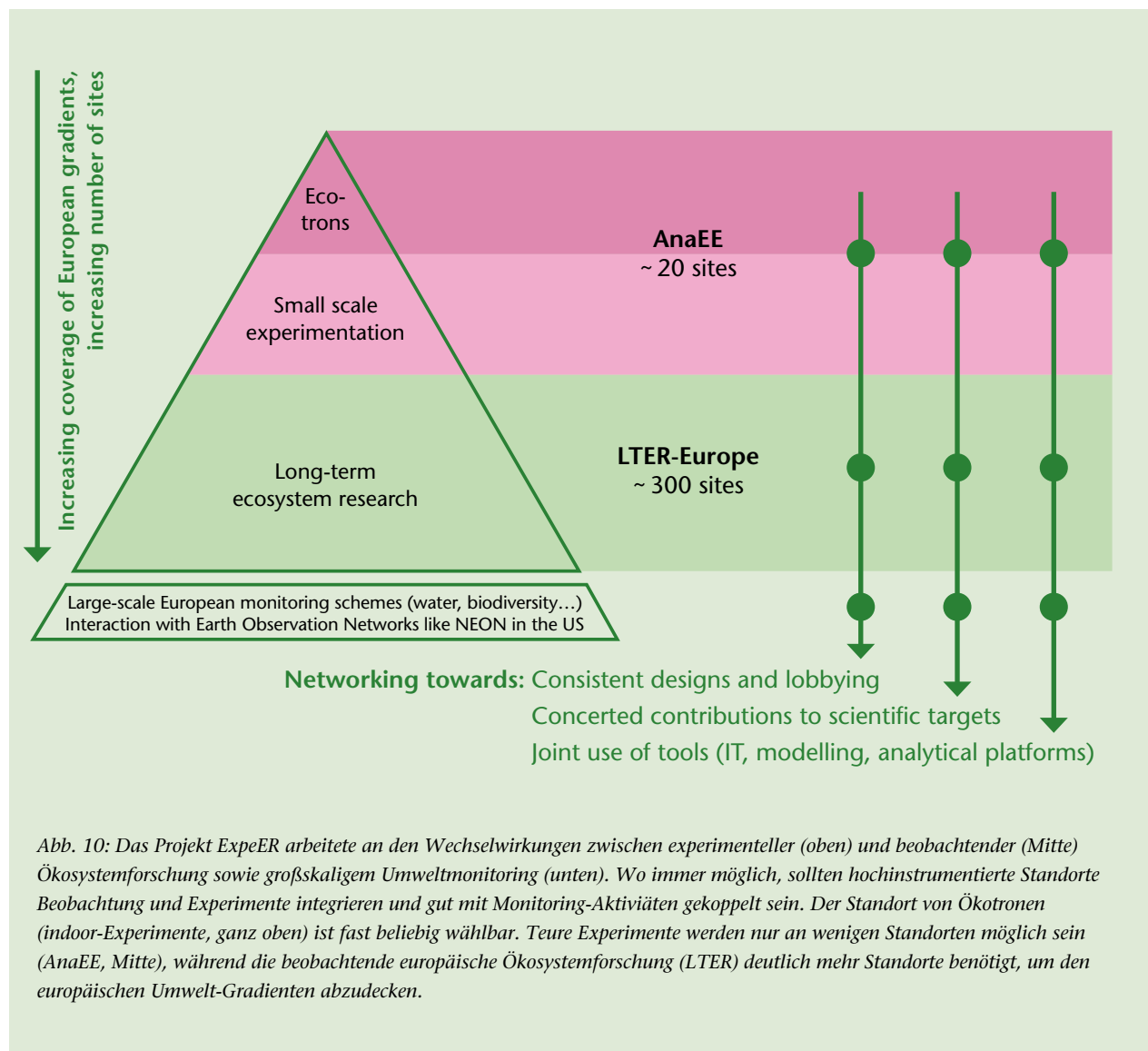
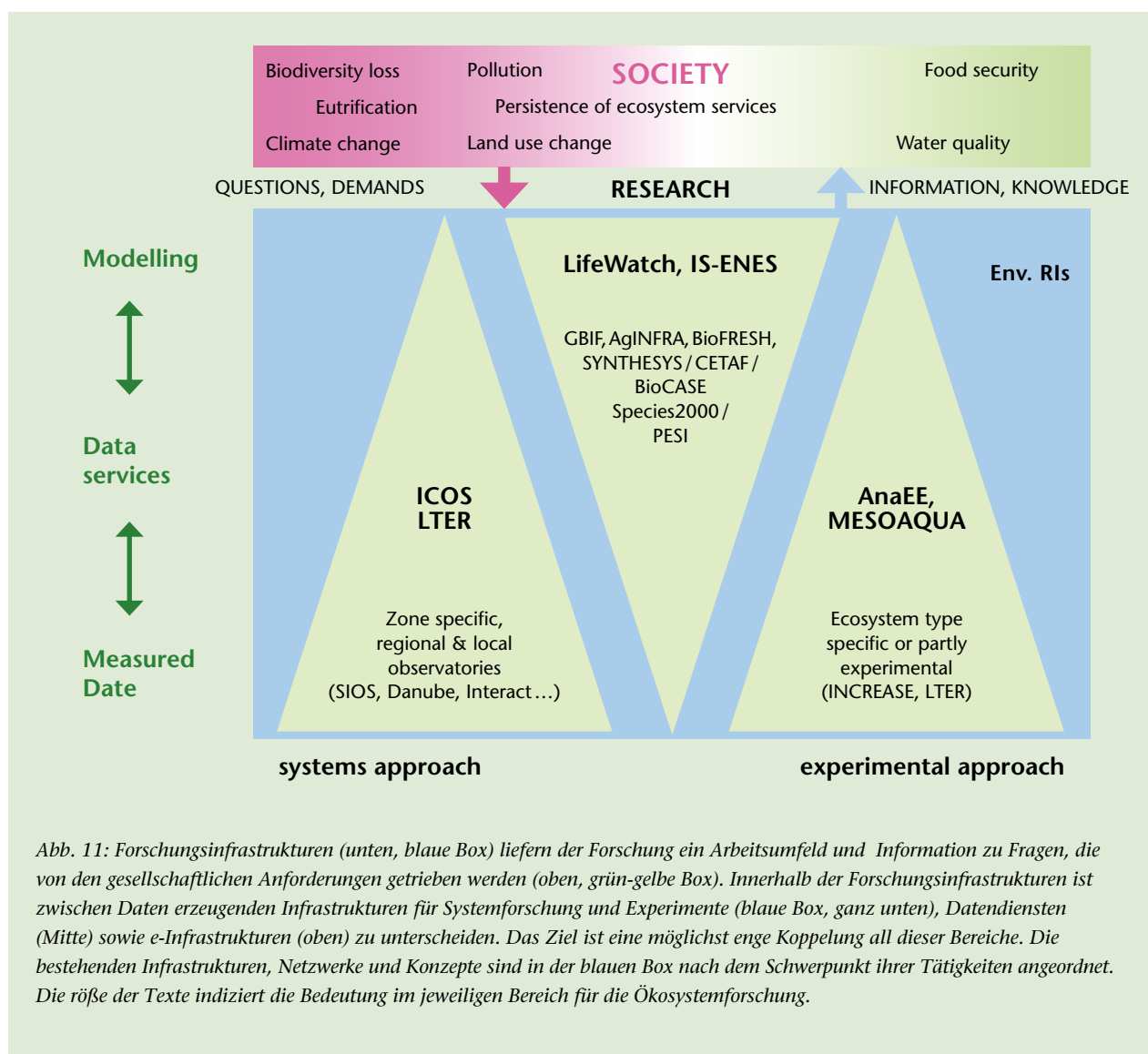


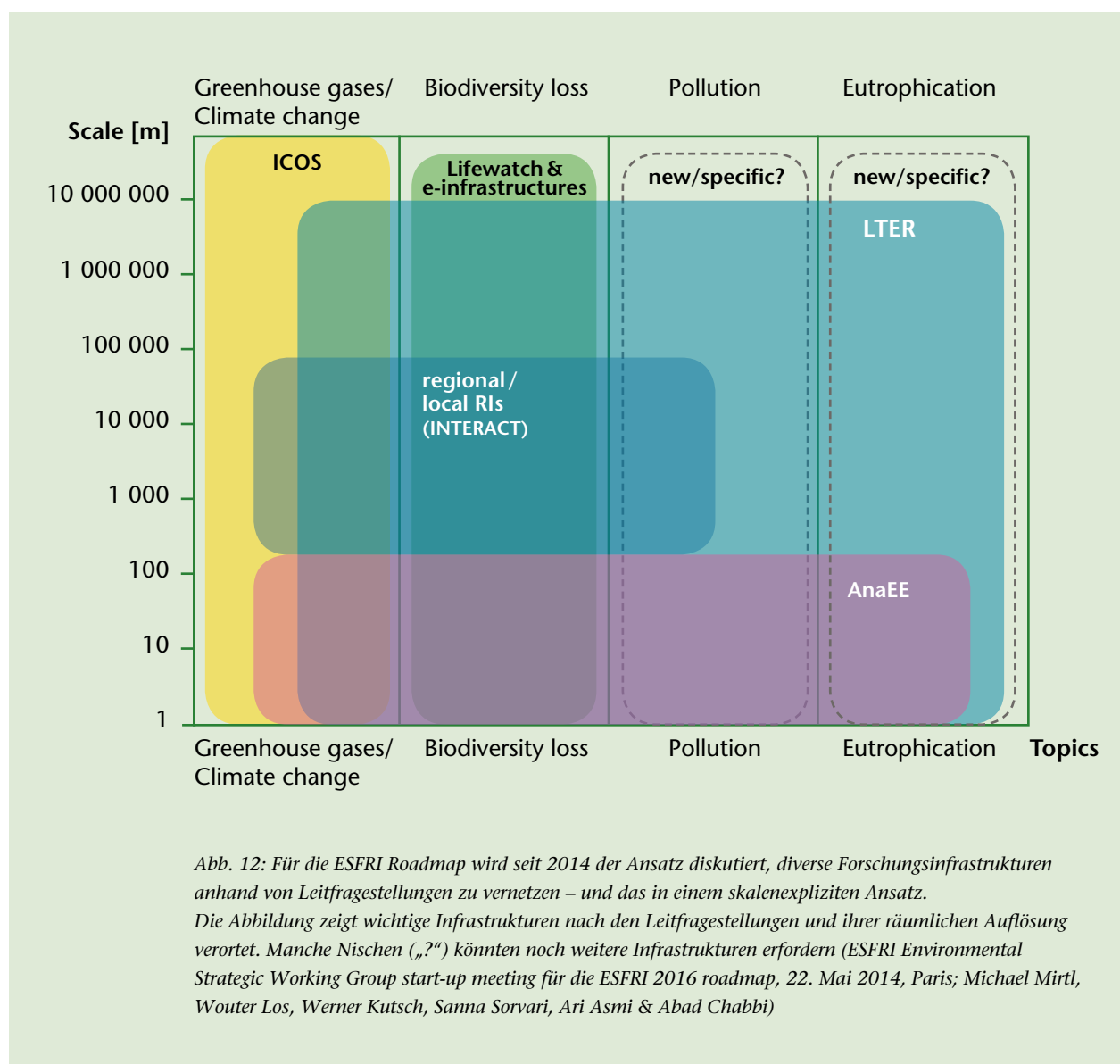
Abb. 10: Das Projekt ExpeER arbeitete an den Wechselwirkungen zwischen experimenteller (oben) und beobachtender (Mitte) Ökosystemforschung sowie großskaligem Umweltmonitoring (unten). Wo immer möglich, sollten hochinstrumentierte Standorte Beobachtung und Experimente integrieren und gut mit Monitoring-Aktivitäten gekoppelt sein. Der Standort von Ökotronen (indoor-Experimente, ganz oben) ist fast beliebig wählbar. Teure Experimente werden nur an wenigen Standorten möglich sein (AnaEE, Mitte), während die beobachtende europäische Ökosystemforschung (LTER) deutlich mehr Standorte benötigt, um den europäischen Umwelt-Gradienten abzudecken.

Ebenfalls in der Umwelt-Roadmap von ESFRI befindet sich das Integrated Carbon Observation System (ICOS), das spätestens 2015 ein formales European Infrastructure Consortium (ERIC) sein wird. Die Kernaufgabe von ICOS besteht darin, die europäische Forschung zu Treibhausgasen mit harmonisierten Daten zu beliefern, die in einem Verbund von Messstationen gewonnen werden (terrestrisch, marin). Die terrestrischen Standorte kombinieren teilweise atmosphärische Komponenten (hohe Messtürme) mit ökosystemaren Ansätzen (Ausgasung, Vertikalprofile). ICOS ist also eine wesentliche Infrastruktur-Komponente, mit der das LTER Netzwerk abzustimmen wäre (gemeinsame Nutzung geeigneter Standorte).

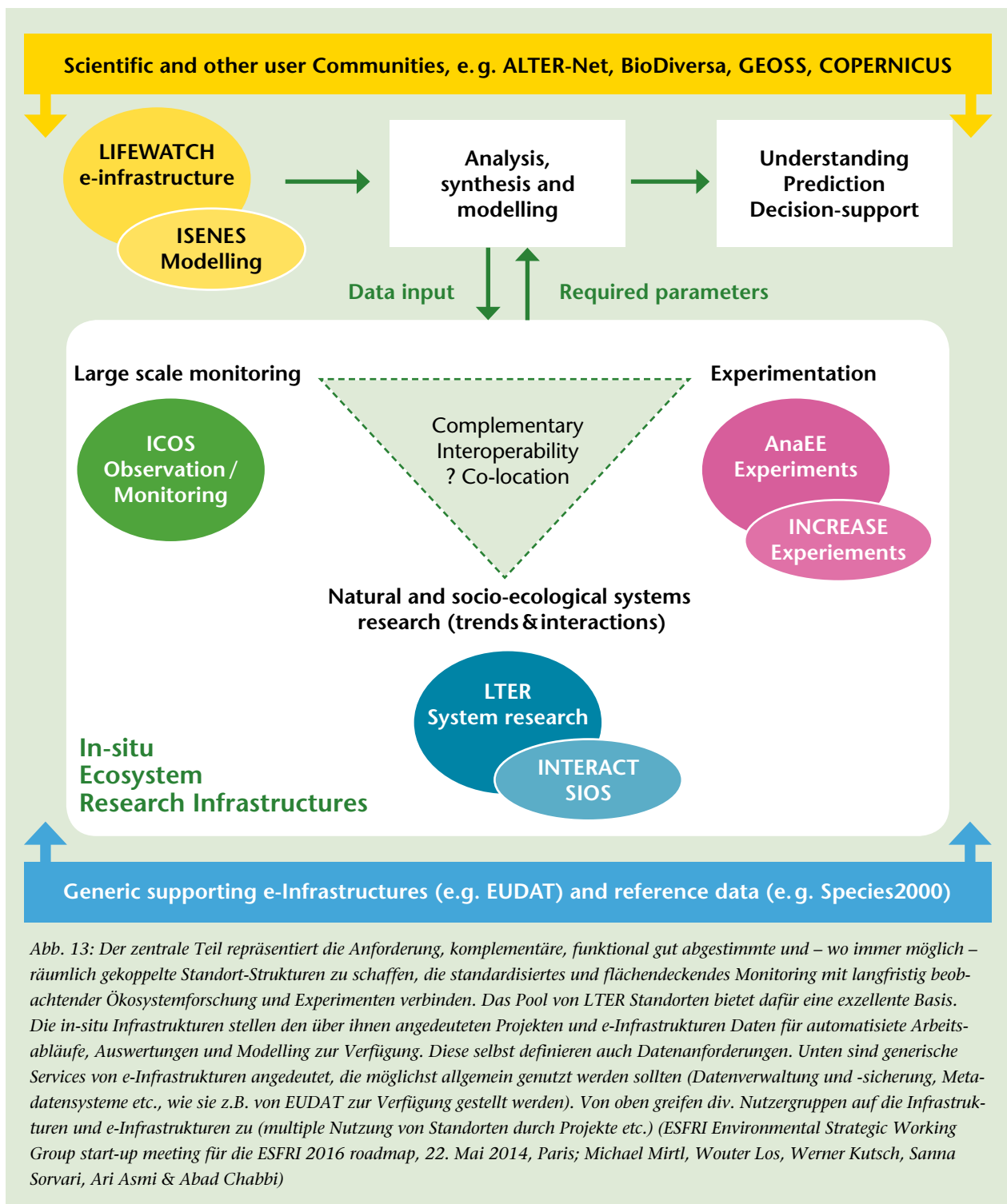
In Vorbereitung der ESFRI Roadmap 2016 erarbeitete die oben genannte Environmental Strategic Working Group (Env SWG) von ESFRI ab Mai 2014 ein Bild der „Landschaft von Umwelt-Forschungsinfrastrukturen“, indem diese nach den Kernarbeitsbereichen klassifiziert wurden (e-Infrastrukturen und Referenzdaten, Auswertung und Modellierung, in-situ Infrastrukturen gegliedert nach hauptsächlich „beobachtend“ oder „experimentierend“). Daraufhin wurden die wichtigsten Elemente in den jeweiligen Bereichen identifiziert. Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden von der Vorsitzenden am 25. September 2014 zum ESFRI 2016 Start-up in Triest präsentiert (Abb. 11).



Beim Expertenworkshop der Env SWG am 22. Mai 2014 in Paris erfolgte zudem eine Verortung der wichtigsten Infrastrukturen (Abb. 12) nach den räumlichen Skalen, auf denen sie arbeiten, sowie nach den Forschungs-Leitthemen, über die die diversen Forschungsinfrastrukturen künftig in Europa besser untereinander abgestimmt werden sollen (Klimawandel und Treibhausgase, Biodiversitätsverlust, Verschmutzung, Eutrophierung). LTER wurde den räumlichen Skalen 1 bis 10 000 000 m zugeordnet und erstreckt sich über die Grand Challenges Klimawandel, Biodiversität, Verschmutzung und Eutrophierung, da es Standorte von Plot-Größe bis zu Forschungsregionen (LTSER Platforms) betreibt und jeweils einen ökosystemaren Ansatz zugrunde legt.



Mit Fokus auf die in-situ Infrastrukturen leitet sich daraus eine nötige Verschränkung von Schlüssel-Elementen ab, wie sie in Abb. 13 dargestellt ist.



Aus diesen Darstellungen, die den maßgeblichen europäischen Gestaltungsprozessen entspringen, ist die funktionale Nische von LTER schlüssig zu erkennen. Der Ausformung dieser Nische in Österreich widmet sich das Kapitel 7.3. Dabei verstehen sich die Forschungs-Community sowie die Standort-Träger hinter dem White Paper als Pool, aus dem alle europäischen Infrastruktur-Komponenten im Wissenschaftsfeld konzertiert zu bedienen wären. Der basalen Sicherung der wichtigsten Standorte der Ökosystemforschung (ev. auch als „Critical Zone Observatories“) kommt dabei prioritäre Bedeutung zu.

7 SYNTHESE UND UMSETZUNGSVORSCHLAG

7.1 SYNTHESE

Die vorangegangenen drei Kapitel haben die Themen der langfristigen Ökosystemforschung umrissen. Diese berührt brisante Fragen von gesellschaftspolitischer Bedeutung in Österreich und aus globaler Sicht.

Aus der Darstellung von LTER quer über die Themenbereiche leiten sich folgende Charakteristika des Wissenschaftsfeldes ab:

- Die Antriebskräfte (drivers) und Belastungsfaktoren (pressures) von Ökosystemen und Biodiversität wirken langfristig (Klima- und Landnutzungswandel, invasive Arten etc.). Daneben spielen kurzfristige Extremereignisse eine wesentliche Rolle.
- Viele ökosystemare Prozesse werden erst durch langfristige Beforschung und durchgängige Beobachtung mit entsprechender Beprobungsfrequenz als solche erkennbar, in ihrer Bedeutung einordenbar und in Ursache-Wirkungs-Mustern erklärbar.
- Die zunehmende Komplexität ökologischer Fragestellungen erfordert immer aufwändigere Instrumentierung und bessere Datenqualität für belastbare Langzeit-Datenreihen.
- Ökosysteme und sozio-ökologische Systeme sind folglich nicht über kurzfristige Einzelprojekte zu erforschen.
- Maßgebliche Grundlagen eines effizienten langfristigen Forschungsbetriebes an Forschungsstandorten (Basis-Messungen, Abwicklung von Langzeit-Experimenten, Langzeit-Datenreihen etc.) sind im Zufallsprinzip nicht gewährleistet.
- Um Mittel bestmöglich einzusetzen, sind akkordierte disziplinäre und interdisziplinäre Projekte sowie eine harmonisierte, verteilte Infrastruktur an prioritären Standorten vonnöten.

Abgesehen von wissenschaftlicher Interdisziplinarität entwickelt sich Ökosystemforschung zunehmend zu einem arbeitsteiligen Prozess über vier Ebenen:

- einzelne Forschungsstandorte (Sites) und deren Trägerinstitutionen (oder zukünftig Trägerverbünde)
- nationale Netzwerke
- europäischer Forschungsverbund
- internationale Netzwerke

Auf allen vier Ebenen wechselwirken drei Schlüssel-Komponenten:

- Infrastruktur: Standorte mit ihren baulichen Einrichtungen, ihrer Instrumentierung und ihren zugänglichen Datenbeständen (als Dienstleistung, die auch die Wartung und Expertise zur richtigen Nutzung dieser Infrastruktur beinhaltet)
- Forschungsarbeit inkl. Analyse und Reporting zu Trends (zentrale User-Schicht)
- Matrix-Funktionen (e-Infrastruktur für Datenmanagement und Workflows, Vernetzung, Konzeptbildung, Schnittstelle zu politischer Umsetzung und Ausbildung)

Diese Charakteristika des Wissenschaftsfeldes, der arbeitsteilige Prozess über vier Ebenen und die drei Schlüssel-Komponenten bilden die Basis zum **Vorschlag für einen „Forschungscluster“**, über das Österreich exzellente Beiträge von hohem Eigeninteresse im europäischen und weltweiten Forschungsraum leisten kann und mit seinen Standorten attraktiver für internationale Forschungsteams wird.

Die Synthese dieses White Paper schlägt die **Brücke zwischen der Vision und den aktuellen Gegebenheiten**. Da diese Vision wesentlich auch die Infrastrukturen und Organisation des Wissenschaftsfeldes berührt, erstreckt sich der **Zeithorizont** der Umsetzung auf das Jahr **2020 und darüber hinaus**. Gerade für Österreich als kleines Land muss sich die Re-Organisation eines so komplexen Bereiches an den **europäischen Rahmenbedingungen** orientieren. Das ist für die Ökosystem-Forschung umso wichtiger, als derzeit gerade hier seitens der Europäischen Kommission Schwerpunkte gesetzt und Mechanismen etabliert werden, deren Umsetzungszeitraum im Bereich einer Dekade liegt (ESFRI, Joint Programming, EU Structural Funds).

Das LTER-Austria White Paper und diese Synthese verstehen sich **gleichzeitig** als **Abschluss** in einen Entscheidungsprozess und **Übergabe-Punkt**: Im Folgenden sind die Positionen der Scientific Community und der Träger von Infrastrukturen im Wissenschaftsfeld mit jenen der betroffenen Stakeholder weiter abzustimmen.

Dabei werden Standorte, inhaltliche Schwerpunkt und Beiträge zum europäischen Forschungsraum zu prüfen und priorisieren sein.

7.2 ZENTRALE BOTSCHAFTEN (ÜBERSICHT)

Wenn Österreich den Anschluss an die internationale Entwicklung nicht verpassen will, ist es dringend nötig, die Infrastrukturen und die inhaltliche Arbeit (Projekte) der Ökosystemforschung nachhaltig sicherzustellen. Das sollte auf der konzeptionellen Grundlage von europäischen Referenzprojekten wie ICOS und LifeWatch (in ESFRI/Environment), ExpeER und ENVRI (FP7/INFRA) und LTER-Europe geschehen. Die klare Tendenz ist, dass Standorte gut instrumentiert sein müssen, um als Schlüsselinfrastrukturen anerkannt zu werden. Von dieser Anerkennung wird zunehmend abhängen, ob sie in europäischen Ausschreibungen (z.B. H2020 calls) berücksichtigt werden, ob ihre Nutzung durch ausländische Teams gefördert wird, aber auch, ob die österreichischen Aufwendungen im eigenen Land als Beiträge zur Europäischen Forschungsinfrastruktur (ERI) geltend gemacht werden können.

Es geht also um eine Kombination aus

- a) dem wirksameren Einsatz der jetzt in diesem Bereich verwendeten Mittel und Einrichtungen,
- b) der nötigen Impuls-Finanzierung und weiteren Finanzierung des laufenden Betriebes und
- c) kostenneutralen, steuernden Maßnahmen im Rahmen einer mittelfristigen Strategie zur Re-Organisation des Wissenschaftsfeldes.

All das ist umso wichtiger, als die Forschungsgemeinschaft der Ökosystemforschung (LTER mit seiner LTSEK Komponente) in Österreich vergleichsweise klein ist, die geringen nationalen Projektmittel ein Ausweichen auf europäische Projekte erzwingen und das vielfache Einbringen von österreichischen Standorten und Daten von deren Organisation und Zugänglichkeit abhängt.

Vor den Lösungsvorschlägen seien die zentralen Botschaften in derselben Reihung wie im Eingangskapitel „Schlüsselbotschaften“ noch einmal kurz zusammengefasst:

- (A) Die im vorliegenden Papier beschriebenen drei Themenbereiche umreißen das Wissenschaftsfeld. Auch wenn sich die Autoren bemühen, Synergien und fachliche Interaktionen zu identifizieren, besitzt jeder Themenbereich ein spezifisches Anforderungsprofil. Die hier angesprochenen nötigen Rahmenbedingungen für das **gesamte Wissenschaftsfeld** und seine Komponenten erfordern eine **ganzheitliche Sichtweise** und können daher nicht durch die Berücksichtigung von Einzelkomponenten allein geschaffen werden.
- (B) Bezüglich der Schaffung von geeigneten **Förderungsbedingungen für verteilte Forschungsprojekte** zu komplexen ökologischen und sozio-ökologischen Phänomenen als strategisch-steuernde Maßnahme: Themen-adäquate Vergabeverfahren mit klassisch-disziplinären und interdisziplinären Qualitätsmaßstäben können über entsprechende Kriterien in bestehenden oder neuen Fördermechanismen umgesetzt werden, wenn die Einrichtung und ausreichende Dotierung eines Forschungsrahmenprogramms nicht möglich ist.
- (C) Die **Rahmenbedingungen für Forschungsprojekte** müssen die **Nutzung** von in-situ Infrastrukturen und e-Infrastrukturen **quer über betroffene nationale Stakeholder** und Financiers von Umweltforschung und -monitoring entsprechend internationalen Beispielen forcieren (siehe Info-Box 3: Deutsche Biodiversitäts-Exploratorien und TERENO, aber auch US-LTER und NEON, EU Infrastructure Calls, LTER Japan).
- (D) Der langfristige und komplexe Charakter der nötigen Grundlagen für einzelne Forschungsprojekte (Datenreihen etc.) erfordert die Schaffung eines **Verbundes von Standorten** mit national akkordierter, verteilter Finanzierung und operativer Trägerschaft als **Dienstleistung** in Entsprechung zu europäischer Rahmensetzung (ESFRI/LifeWatch, ESFRI/ALEC, Infrastruktur-Call Projekte EXPEER, die „Multi-use“ und „Transnational Access/TA“ forcieren: s. Erklärungen im Volltext und Glossar).
- (E) Die Koordination und Dokumentation von LTER in Österreich erfordert eine **operative Zentrale** (Leitstelle) als Drehscheibe für die Vernetzung der Aktivitäten national und international, die Schnittstelle zu Stakeholdern und Politik sowie für den Aufbau einer e-Infrastruktur zur allgemeinen Nutzung und Integration der Datenbestände von Einzelstandorten („Informationsportal“).

TERENO ist ein deutsches Programm zur Erfassung langfristiger Zeitreihen von Ökosystem-Parametern, um die Auswirkungen des globalen Wandels naturwissenschaftlich und sozio-ökonomisch analysieren und prognostizieren zu können. Die innerhalb von TERENO gewonnenen Daten dienen der Validierung, Verbesserung und Integration terrestrischer Modellierungen, die einen wesentlichen Beitrag zum Management von Agrar- und Wald-Ökosystemen liefern werden. Über fünf Jahre wurden ca. 15 Mio. Euro in den Aufbau der gerätetechnischen Infrastruktur von vier Observatorien investiert. Die TERENO Observatorien, deren Betrieb für mindestens 15 Jahre geplant ist, werden durch einen Verbund von sechs Helmholtz-Zentren betrieben, wobei weit über 100 Wissenschaftler am Langfristprojekt beteiligt sind.

Biodiversitäts-Exploratorien

Die Plattform erforscht funktionelle Biodiversität und Ökosystemprozesse in unterschiedlichen Landnutzungstypen. Sie beinhaltet drei Exploratorien mit 300 Plots und 27 hoch instrumentierten Schwerpunkt-Standorten entlang eines Nutzungsgradienten. Die Grundfinanzierung sichert das Koordinationsbüro, drei Exploratorienteams, ein Datenbankteam sowie die erste Inventarisierung der biotischen und abiotischen Ausstattung der Gebiete. Für die Exploratorien-Infrastruktur einschließlich Personal und Sachmittel stehen zusätzlich ca. 1,4 Millionen Euro pro Jahr zur Verfügung. Komplementär dazu werden ca. 40 Forschungsprojekte aus DFG-Mitteln gefördert. Über diese nutzen ca. 250 Wissenschaftler aus 40 Institutionen die Infrastruktur.

Vergleich mit Österreich

Legt man alleine diese zwei Programme über das BIP proportional (1:10) auf Österreich um, würde das ca. 1 Mio. EUR jährlich für Infrastruktur einem Engagement der Forschungsförderung von ca. 2 Mio. EUR jährlich für Projekte und Betrieb bedeuten!

Daneben existieren in Deutschland aber noch einige permanente, großen Forschungszentren (z.B. Umweltforschungszentrum Halle-Leipzig, UFZ, oder Forschungszentrum Jülich), die sich mit großen Teams Fragestellungen der Ökosystemforschung widmen können und zudem substanzielle Ressourcen für den Betrieb von Standorten und das Management von LTER aufwenden.

Info-Box 3: Investitionen in den Bereich der Ökosystemforschung: internationaler Vergleich mit Deutschland: TERENO

Die folgenden Abschnitte skizzieren ein Maßnahmenpaket zur Umsetzung der Schlüsselbotschaften. Dieses Maßnahmenpaket beinhaltet schon angelaufene Aktivitäten sowie Entscheidungsgrundlagen für ausstehende Weichenstellungen, die mit den österreichischen Stakeholdern und Financiers zu treffen sein werden.

7.3 ORGANISATION UND DATENMANAGEMENT

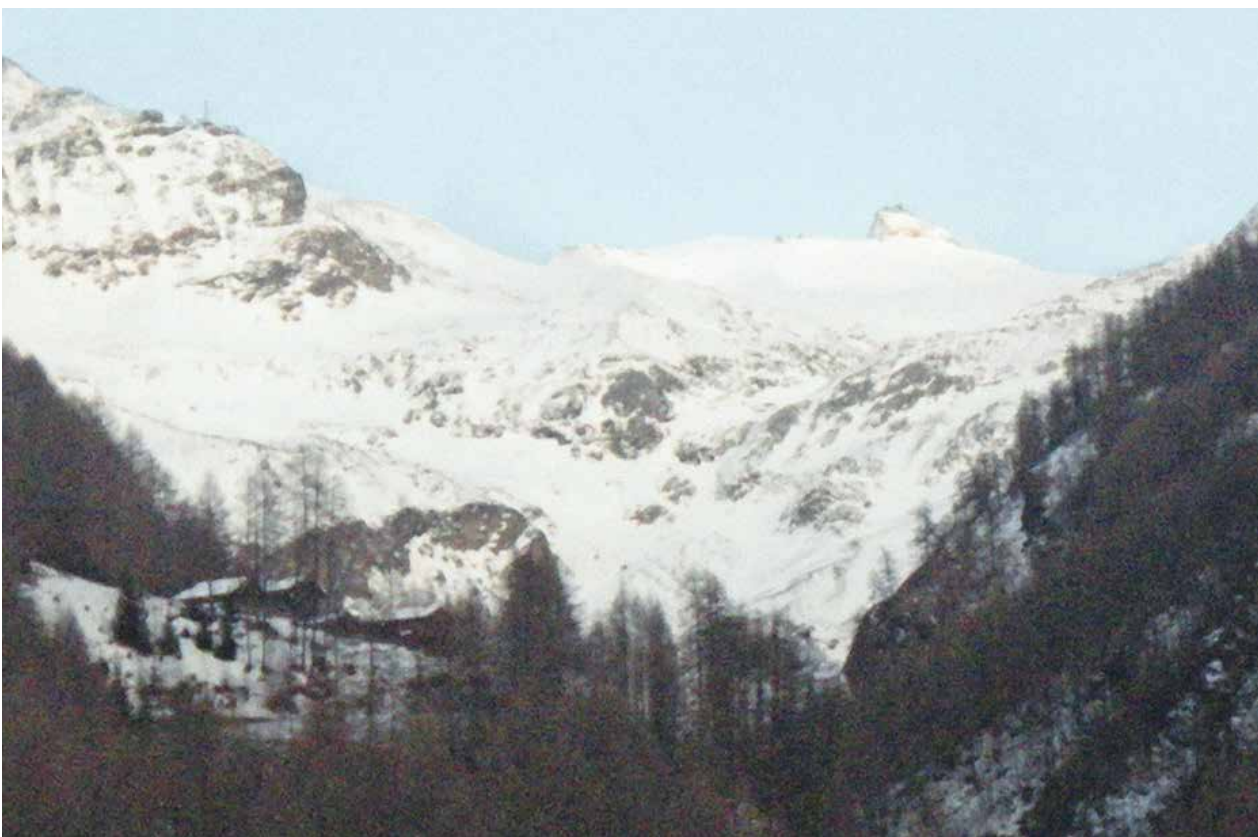
7.3.1 STRATEGISCHE ORGANISATION

Die in Abb. 14 skizzierte Organisation des Forschungsclusters würde wissenschaftliche Nutzer, Dienstleistungen (operative Zentrale, Datenportal, Infrastruktur/Standorte), inhaltliche und strategische Steuerung (Stakeholder, Scientific Advisory Board, Fördermechanismen) und Politikberatung vernetzen. Diese Organisation könnte die Brücke zwischen dem Ist-Zustand und den identifizierten Anforderungen schlagen und damit folgende Mehrwerte sichern:

- Zentraler Ansprechpartner für das Wissenschaftsfeld „Ökosystemforschung“ für Stakeholder und Politik (schnelle Kommunikation zur Steuerung; Politikberatung)
- Inwertsetzung der nationalen Vor-Investitionen in Standorte, Datenreihen, Ergebnisse und Modelle aus früheren Forschungsprogrammen (Kulturlandschaftsforschung KLF, Waldschadensforschung, proVision)

- Nutzung der österreichischen Vorreiterrolle bei der integrierten Umweltforschung (z.B. bei der Entwicklung und Testung des LTSEK-Konzepts), vor allem im Hinblick auf inter- und transdisziplinäre Modell- und Theoriebildung
- Integration von beobachtender Langzeit-Forschung und experimentellen Ansätzen.
- Entwicklung eines integrierten Netzwerks nationaler Top-Standorte („super-sites“) als national akkordiertem Beitrag zur hochrangigen Ökosystem- und Biodiversitätsforschungs-Infrastruktur in Europa (z.B. ExpeER, Horizon2020 Infraia Projekte wie eLTER und FORESTING, ESFRI Projekte wie AnaEE und vor allem im Bereich „Umwelt“: LifeWatch, ICOS).
- Plattform für die Entwicklung einer österreichischen ESFRI Roadmap im Bereich Umwelt.
- Dienstleistungen für wissenschaftliche Teams und Forschungsprojekte, die im Projekt-Kontext und durch einzelne Institutionen immer weniger erbracht werden können (z.B. Metadaten- und Datenmanagement).
- Schnelle Identifikation von österreichischen Standorten, die zur Bearbeitung von spezifischen Fragestellungen geeignet sind (über Metadaten zu den Standorten selbst und den dort vorhandenen Daten und Expertisen sowie Bereitstellung von sozioökonomischen und historischen Quellen, Daten bzw. Metadaten)
- Vereinfachung des Auffindens von Datenbeständen (Schritt 1) und direkter Datenzugang (Schritt 2)
- Rahmenbedingungen, die es dem wissenschaftlichen Nachwuchs in der Ökosystemforschung ermöglichen, rasch Zugang zur Forschungsgemeinschaft, zu Projekten, den Forschungsstandorten und deren Datenlandschaft zu finden.
- Struktur für Multi-Site Projekte und nationale und internationale Auswertungen (z.B. Meta-Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels und von Landnutzungsänderungen quer über Habitat-Typen und Umweltgradienten)
- Steigerung der Attraktivität österreichischer Forschungs-Teams durch die Möglichkeit, Langzeit-Datenreihen in Projekte einzubringen
- Standardisierung, Verbesserung der Vergleichbarkeit und Qualitätssicherung von Messungen zu Schlüssel-Parametern (z.B. Temperatur, Biodiversitäts-Indikatoren)
- Koppelung der Langzeit-Forschungsstandorte mit nationalen und internationalen Monitoring-Netzwerken (Integration der in-situ Netzwerke von z.B. EMEP, ICPs der UNECE Working Group on Effects)
- Möglichkeit, das Standort-Netzwerk von LTER als Beitrag in internationalen Projekten geltend zu machen (ESFRI, Projekte mit Transnational Access)

Sonnblick Observatorium von Heiligenblut (Fleißkehre) aus gesehen: © Ursula Nasswetter



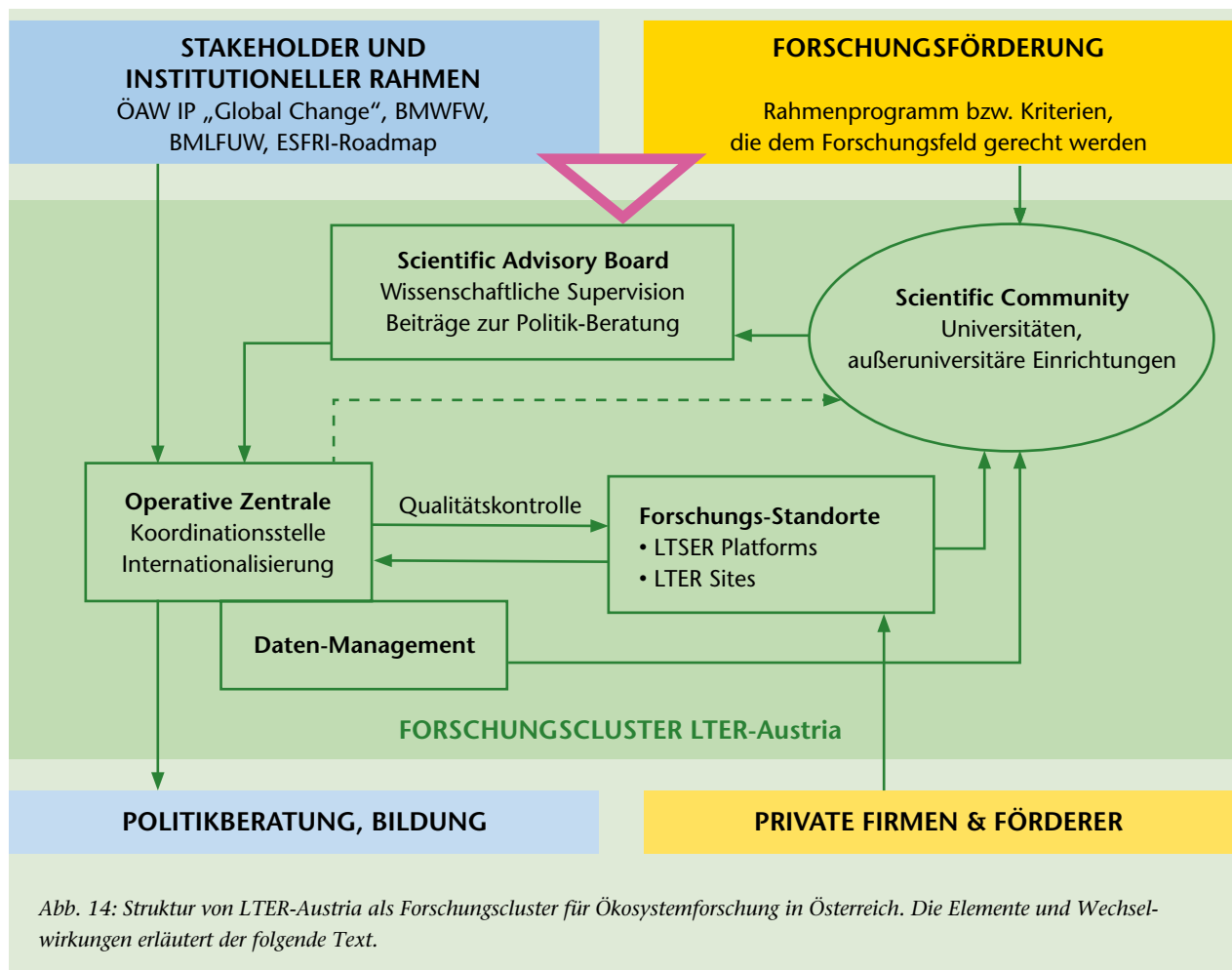


Abb. 14: Struktur von LTER-Austria als Forschungscluster für Ökosystemforschung in Österreich. Die Elemente und Wechselwirkungen erläutert der folgende Text.

DAS FORSCHUNGSCUSTER MIT SEINER EINBETTUNG UND OPERATIVEN ZENTRALE

Eine **operative Zentrale** dokumentiert und vernetzt die **Forschungs-Standorte** (in-situ Infrastruktur von LTER Sites und LTSE Platforms, s. zentraler Bereich in Abb. 14). Das zentrale Werkzeug für die Dokumentation wird weiterhin die von ILTER und LTER-Europe initiierte WEB-basierte Plattform DEIMS sein (http://www.lter-europe.net/info_manage/deims), in der eine zunehmende Anzahl von Projekt- und Netzwerkstandorten verwaltet werden (ExpeER, ENVRI+, FORESTING, CZOs). Für das gesamte Netzwerk, Cluster von Standorten oder auch einzelne Standorte sind langfristige **Finanzierungs- und Betriebsmodelle** zu sichern (Beiträge der Träger-Institutionen, private Firmen & Förderer, europäische Finanzierungstöpfen). Die Untersuchungsstandorte, die für die Messungen von Daten verantwortlich sind, machen diese dem **Datenmanagement** der operativen Zentrale zugänglich (Daten aus allen drei Themenbereichen, inklusive Berichte und Publikationen), die auch für die **Qualitätssicherung** verantwortlich ist. Diese umfasst die Daten selbst als auch die Standorte und deren Betrieb. Die operative Zentrale betreibt die internationale Vernetzung und das Lobbying für die österreichischen Standorte im Europäischen Forschungsraum (European Research Area, ERA). Dem Scientific Advisory Board (SAB) obliegt die Beratung zur Ausrichtung der Forschung und des dafür nötigen Standard-Messprogrammes. Das SAB wird von der wissenschaftlichen Gemeinschaft (universitär sowie außeruniversitär) beschickt und ist mit den Stakeholdern zu strategischen Interessen und den Rahmenbedingungen der Forschungsförderung im Dialog.

Derzeit werden Teile der Funktion einer operativen Zentrale vom Sekretariat des Vereines LTER-Austria wahrgenommen und es existiert eine jährliche Förderung der Aktivitäten des Vereines und seiner Sektionen für die zwei Forschungsplattformen Eisenwurz und Tyrolean Alps.

ÖFFENTLICHE STAKEHOLDER, INSTITUTIONELLER RAHMEN UND NATIONALE FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Aktivitäten und Infrastruktur der österreichischen Ökosystemforschung liegen im Wirkungsbereich mehrerer Ministerien, nachgeordneter Dienststellen, universitärer und außeruniversitärer Einrichtungen als **Stakeholder**. Auf Initiative des BMFWF wurde LTER an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Zuge der Reorganisation der **ÖAW Internationalen Programme** im IP „Global Change“ verankert (Kontaktpunkt für die operativen Zentrale).

Die erwähnte thematische Vielfältigkeit des Wissenschaftsfeldes „Ökosystemforschung“ und der fehlende integrierende Zugang tragen zur **mangelhaften Wahrnehmung in den Forschungs-Fördermechanismen** bei. Wenn es kein eigenes, geeignetes **Forschungsrahmenprogramm** für das Wissenschaftsfeld gibt, ist eine entsprechende Finanzierung der Forschungskomponenten nur über die **Schaffung entsprechender Kriterien** quer über die Fördermechanismen in Absprache zwischen den Stakeholdern zu erreichen. Dazu kann das Forschungscluster über die operative Zentrale oder den SAB beitragen (rotes Dreieck in Abb. 14)

POLITIKBERATUNG, BILDUNG UND PRIVATE STAKEHOLDER

LTER produziert Grundlagenwissen zu politisch wichtigen Fragestellungen, wie etwa dem Kohlenstoffhaushalt von Ökosystemen (Kyoto) und der Klimawandelanpassung. Besonders der Themenbereich LTSE (sozio-ökologische Forschung) arbeitet politik- und umsetzungsnah (z.B. öffentliche Wahrnehmung von Schutzgütern wie Biodiversität, Nutzungskonflikte, Zukunftsszenarien für sozio-ökologische Systeme, Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung durch Science-policy Interfaces). In Kooperation mit dem österreichischen Umweltmonitoring kann LTER über den Zugriff auf ein großes Experten-Pool eine aktive Rolle in der **Politikberatung** einnehmen. An den Forschungs-Standorten von LTER wird österreichischen Ökosystemen sicht- und angreifbar der Puls gefühlt („Freiland-Laboratorien“). Angesichts des vorherrschenden Zeitgeistes und der dominierenden wFreizeitgestaltung von Kindern und Jugendlichen gewinnt die Vermittlung vom Grundverständnis zu unseren natürlichen Ressourcen (komplementär zu technischem Wissen) zunehmend an Bedeutung, sowohl in Hinsicht auf mündige BürgerInnen als auch zur **Sicherung wissenschaftlichen Nachwuchses**. Besonderes Augenmerk wird in Zukunft auf **alternative Finanzierungswege** zu lenken sein. Bisher haben sich in Österreich in der Umweltforschung kaum private Mäzene engagiert, was in US-amerikanischen Forschungsprogrammen (z.B. tropische Biodiversitätsforschung in TEAM) durchaus üblich ist. Ebenfalls in den USA engagieren sich große private Firmen im nationalen Hightech Umweltmonitoring-Programm NEON, das komplementär zu LTER Langzeitdaten produziert. Die Anbahnung und Umsetzung solcher Modelle erfordert aber Ressourcen für eine professionelle Anbahnung und Umsetzung.

7.3.2 DATENMANAGEMENT (e-INFRASTRUKTUR, „DATENZENTRUM“)

Das übergeordnete Ziel für das Daten- und Informationsmanagement von LTER-Austria ist die Bereitstellung von Beobachtungs- und Analyseergebnissen durch die Entwicklung und Umsetzung eines dezentral organisierten Daten- und Informationsnetzwerkes. Dieses soll alle relevanten Datentypen und -quellen unter maximaler Nutzung verfügbarer Werkzeuge und Standards (z.B. LifeWatch Referenzmodell) umfassen. Durch die Schaffung von gemeinsamen Richtlinien für die Weitergabe von wissenschaftlichen Ergebnissen und Daten aus dem LTER Netzwerk sind, neben den technischen und semantischen Aspekten, auch die organisatorischen Aspekte einer integrativen Datenverwaltung berücksichtigt.

Aktuell bilden das Vorhandensein unterschiedlicher Datenstrategien, Organisationsformen oder Datenrechte innerhalb der Trägerorganisationen und der wissenschaftlichen Gemeinschaft nicht zu unterschätzende Hürden bei der Verfügbarmachung und Nutzung von Daten und Ergebnissen über die Standortsgrenzen hinweg. Dies wird durch das Fehlen einer kohärenten Daten- und Informationsstrategie verstärkt. Über die vorgeschlagene Organisationsstruktur und Finanzierung bietet sich auch die Möglichkeit, mit einheitlicher Technologie und homogenen Dokumentationskonzepten Wissensmanagement zu betreiben. Dabei könnte das Forschungscluster

auf **Standards und Werkzeuge** aufsetzen, die derzeit im Kontext einer Reihe von Projekten und Prozessen entstehen, da dem gesamten Bereich des Managements von Umweltforschungs- und Monitoringdaten massive Beachtung geschenkt wird (Metadaten Standards wie INSPIRE, ISO19115/19138 oder EML; Core-Ontologien und Thesauri für Umweltbeobachtungen wie SERONTO, Observation and Measurement oder EnvThes und Web-services zur Standorts-Dokumentation wie DEIMS, <http://data.lter-europe.net/deims/>).

Der Zugang zu Information und Daten wird dabei auf zwei unterschiedlichen Ebenen organisiert. Einerseits umfasst es die Ebene der **Information über existierende Forschungsstandorte und deren verfügbare Datenbestände** (Metadaten-Ebene) und andererseits die Ebene der **konkreten Datenbestände** (Daten-Ebene). Metadaten stellen dabei eine wesentliche Informationsquelle dar, um die Eignung von Standorten und die Verfügbarkeit von Daten für unterschiedlichste Forschungsfragestellungen beurteilen zu können. Während Metadaten frei verfügbar sind, werden auf der Datenebene oftmals unterschiedliche Datenzugriffsrechte angewandt. Die Schaffung einer klaren und transparenten Darstellung der Datenzugriffsrechte als auch die Darstellung der Verantwortlichkeiten wird dabei auf lange Sicht zu einer weitgehenden **Öffnung von Forschungs- und Beobachtungsdaten** führen. Auf die Festlegung der Nachvollziehbarkeit von Daten und somit auch der Herkunft im Rahmen von längeren Auswertungsprozessen (Stichwort Daten-Provenance) muss dabei besonderes Augenmerk gelegt werden.

Das „**Datenzentrum**“ des Forschungsclusters wäre somit nicht eine zentralisierte Datenhaltung, sondern würde modernste Technologien nutzen, um

- a) einen Überblick über bestehende Datenbestände zu ermöglichen,
- b) diese langfristig semantisch richtig zu beschreiben (Interoperabilität in der Zeitachse und quer über Disziplinen) und somit
- c) eine dezentrale Datenhaltung und -bereitstellung durch die Standorte/Urheber über einen online Zugriff zu ermöglichen (z.B. über OGC Web Feature Services für räumliche Daten oder OGC Sensor Observation Service für Beobachtungsdaten).

Das Datenzentrum agiert dabei einerseits als Andockstelle für internationale Dokumentations-Systeme (Metadatenbanken wie DEIMS oder die LifeWatch e-Infrastruktur), aber andererseits auch als nationale Drehscheibe zum Abgleich und zur Harmonisierung von Datenzugriffsregelungen. Es ist damit nicht nur Informationsdienstleister, sondern auch Austauschplattform für Datenerheber, -verwalter und -bereitsteller auf der einen Seite und wissenschaftliche Nutzer mit ihren dynamischen Anforderungen. Das Datenmanagement des Forschungsclusters soll dabei **Standard-Abläufe** von wissenschaftlichen Projekten, wie die Recherche geeigneter Daten, die Klärung von Eigentumsrechten, den physischen Datenaustausch sowie die Dokumentation von Ergebnissen bestmöglich unterstützen. Von besonderer Bedeutung für die Effizienzsteigerung ist die **Unterstützung von Standorten in deren Datenmanagement**. Die Erarbeitung von (nationalen oder internationalen) Best-Practice-Beispielen, von Vorschlägen zu Software-Werkzeugen und Standards (in ständiger Prüfung internationaler Entwicklungen) sowie die Schulung der Informationsmanager der Standorte wären zentrale Dienstleistungen. Diese tragen dort zur konvergenten Weiterentwicklung der Datenverwaltung quer über das Netzwerk bei, wo zentralisierte Verwaltung weder sinnvoll noch leistbar ist. Allgemeine Workshops, wie z.B. Informationsmanagement-Workshops zur Darstellung und Diskussion allgemeiner Entwicklungen, als auch thematische Schwerpunkt-Workshops, wie z.B. Hands-On-Workshops zur Anwendung bestimmter Technologien, stellen dabei ein wesentliches Element für den Aufbau von Know-how und Kapazitäten, aber auch im Hinblick auf eine bessere Integration der Funktionen/Rollen in einer komplexen und eng kooperierenden, interdisziplinären Forschungsgemeinschaft dar.

Eine weitere große Herausforderung besteht in der **Dokumentation und Verfügbarmachung von bereits vorliegenden Daten und Ergebnissen („legacy data“)**. Diese liegen oftmals in unterschiedlichsten Datenformaten und Datenträgern vor. Das Spektrum reicht dabei von analogen (z.B. Feldbücher oder -karten) und halbanalogen Formen über veraltete digitale Datenträger oder Datenformate. Neben den technischen Problemen bei der Aufarbeitung der Datenformate lassen ungenügende Daten- und Ergebnisdokumentationen einen hohen Recherche- und Dokumentationsaufwand erwarten. Auch die Abklärung der rechtlichen Situation der Datenbestände (z.B. Eigentums- und Weitergaberechte) kann sich bei diesen Daten oftmals als sehr aufwändig erweisen. Die Unterlassung der Aufarbeitung, Dokumentation und Digitalisierung dieser Datenbestände würde jedoch nicht nur die

Vernichtung der erheblichen Steuermittel bedeuten, die die Datenerhebung über die letzten Jahrzehnte gekostet hat (legacy), sondern auch wertvolle Langzeitinformation vernichten. Der bisherige Aufwand zur Sicherung von Informationen in diesem Wissenschaftsfeld steht dabei in krassem Gegensatz zu den bereitgestellten und aufgewendeten Ressourcen, die in anderen Wissenschaftsfeldern und Kulturbereichen zum Einsatz kommen (z.B. für die Dokumentation von Veröffentlichungen durch die Nationalbibliothek). Eine Unterstützung und Koordination dieser Aktivitäten, ähnlich der Digitalisierung von Herbarbelegen in GBI, ist daher ein vordringliches Unterfangen.

7.4 ADÄQUATE FINANZIERUNG VON FORSCHUNGSPROJEKTEN

Die Einbindung von Einzelprojekten in größeren Forschungskontext (zusammenhängende Cluster von Fragestellungen) sowohl national als auch international, die Inwertsetzung von existierenden Daten, die langfristige Verbesserung der Datenbasis für zukünftige Forschung an österreichischen Ökosystemen („Data hot spots“), die nachhaltige Nutzung, Erhaltung und Konkurrenzfähigkeit von österreichischen Infrastrukturen, die vorzugsweise Bearbeitung von für Österreich besonders wichtigen Fragestellungen, Politikrelevanz z.B. inter- und transdisziplinärer Forschung etc. sind bei unbestrittener Wichtigkeit keine zuschlagsentscheidenden Kriterien in der Beurteilung von nationalen Forschungsanträgen z.B. beim FWF. Daraus ergeben sich zwei Optionen für die adäquate Berücksichtigung der Ökosystemforschung in Österreich.

OPTION 1:

Über die Einrichtung eines Forschungs-Rahmenprogramms zur Finanzierung der Ökosystem-Forschung in Österreich nach dem Vorbild von Kulturlandschaftsforschung (KLF) und proVISION könnte die derzeitige (stark konzeptive) Pionierstellung Österreichs, die sich durch erfolgreiche Teilnahme an strategischen Initiativen wie ALTER-Net (NoE im 6. EU-Rahmenprogramm) und der LTSEr-Entwicklung ergab, in konkreten Forschungsprojekten fortgesetzt werden. Eine erfolgreiche Beteiligung von LTER ForscherInnen an Exzellenzprogrammen (ERC, Start- und Wittgensteinpreise usw.) sowie an der Forschung in Horizon 2020 benötigt die Abdeckung der von diesen Programmen nicht gedeckten Kosten. Angesichts der bestehenden Kapazitäten erscheint ein Finanzierungsvolumen von anfangs 1,5 – 2 Mio. € pro Jahr, nach fünf Jahren etwa 3 Mio. € pro Jahr als Untergrenze für ein erfolgreiches Programm.

Aus dem Charakter der in den Kapiteln 3 – 5 skizzierten Themenbereiche ergeben sich die Anforderungen an ein derartiges Programm:

- Auf drei Programmlinien entlang der Themenbereiche Prozessorientierte Ökosystemforschung, Biodiversitäts- und Naturschutzforschung und Sozio-ökologische Langzeitforschung in etwa gleicher finanzieller Größenordnung entfallen etwa 70 - 80 %, der Rest auf bereichsübergreifende Syntheseprojekte und Begleitmaßnahmen (Vernetzungstreffen, Symposien/Konferenzen, Publikationsprojekte usw.)
- Fokussierung auf anerkannte LTSEr Plattformen oder Einbeziehung von etablierten LTER Sites als wichtiges Kriterium für die Projektvergabe (Nutzung von Daten, bestehender Expertise und Infrastrukturen)
- Einbindung in europäische und internationale LTER Initiativen sowie Infrastrukturprogramme der EC
- Zu fördern wären mono-, inter- oder transdisziplinäre Grundlagenforschungsprojekte auf Basis ihrer wissenschaftlichen Exzellenz sowie ihrer Anbindung an LTER relevante Fragestellungen. Rein disziplinäre Grundlagenforschung ohne nachgewiesene Einbindung in ein LTER Gesamtkonzept wäre – wie schon bisher – über Fördermechanismen wie den FWF förderbar.
- Für Projekte in den Bereichen Biodiversitäts- und Naturschutzforschung und sozio-ökologische Langzeitforschung ist gründlich zu prüfen, ob inter- bzw. transdisziplinäre Ansätze zur Anwendung kommen sollten. Derartige Projekte haben nachzuweisen, dass sie Antworten auf Problemstellungen aus gesellschaftlichen Praxisfeldern geben und, wo immer problemadäquat, interdisziplinäre Syntheseleistungen erbringen. Wissenschaftliche Exzellenz ist auch in solchen Fällen entscheidend.
- Die Reviewing- und Vergabemodalitäten sind entsprechend der Spezifika von LTER (Inter- und Transdisziplinarität bzw. Einbindung in den LTER Kontext) so zu gestalten, dass auch inter- und transdisziplinäre Qualitätskriterien (wo problemadäquat) entsprechend berücksichtigt werden.
- Methoden- und Theoriereflexion sowie ein Fokus auf Weiterentwicklung des LTER Konzepts (u.a. LTSEr) sollten eine wichtige Rolle spielen.

OPTION 2:

Wenn ein Forschungsrahmenprogramm wie in Option 1 skizziert kurz- bis mittelfristig nicht umsetzbar ist, dann wird die Finanzierung der Forschungskomponente von LTER nur über die **Schaffung entsprechender Kriterien bei bestehenden Forschungsförderungsmechanismen** in Absprache zwischen den Stakeholdern, dem Scientific Advisory Board und den Fördermechanismen zu erreichen sein.

Der Kriterien-Katalog entspräche dem unter Option 1 angeführten. Ein entsprechender Anteil an den Fördermitteln wäre für Projekte zu sichern, die diesen Kriterien entsprechen.

7.5 INFRASTRUKTUR-VERBUND: NETZWERK VON STANDORTEN

Strategische Entscheidungen eines kleinen Landes wie Österreich sollten bestmöglich in den Europäischen Rahmen gebettet sein und gleichzeitig Forschungsinteressen sichern, die aus den nationalen Gegebenheiten erwachsen (Klimawandelanpassung in Bergregionen, nachhaltige kleinstrukturierte Landwirtschaft etc.).

Die europäischen Rahmenbedingungen wurden im Kapitel 6 skizziert. Die Position von LTER-Europe in der gesamten Projekt-, Prozess- und Infrastruktur-Landschaft finden sich in Kapitel 1.2. In jedem Fall bieten diese strategischen Referenzen einen vorzüglichen Rahmen, um u.a. über die nationale ESFRI Roadmaps eine europäisch akkordierte Sicherung für nationale Ökosystem-Forschungsinfrastruktur zu erreichen. In mehreren Ländern wurden nationale Dialoge zwischen Netzwerken und Infrastruktur-Trägern gestartet, um die Vielfach-Nutzung und Weiterentwicklung der Infrastrukturen voranzutreiben (Finnland, Italien, Frankreich). Plattformen für solche Dialoge sind Teil mehrerer beantragter Horizon2020 Projekte (ENVRI+, eLTER). Die folgenden Vorschläge entsprechen damit Konzepten für strategische Prozesse, für deren Umsetzung mit hoher Wahrscheinlichkeit es demnächst auch EU-Rahmenprojekte geben wird.

Auch in Österreich verteilen sich die Infrastrukturen von LTER auf eine Reihe von Trägern im universitären und außeruniversitären Bereich (s. Standortsübersicht in Tab. 1 in Kapitel 1.5.2). Die Standorte arbeiten unter dem Label LTER, tauschen Erfahrungen aus und kooperieren – meist auf bilateraler Basis – in Forschungsprojekten. Die explizite Integration in ein funktionales Infrastruktur-Pool als Beitrag Österreichs zum europäischen Forschungsraum steht aus. Ohne diese Perspektive eines strategische nationalen und europäischen Kontexts gestaltet sich die Sicherung der Einzel-Standorte durch einzelne Träger-Institutionen zunehmend schwierig, wobei besonders Universitäten wegen der starken Projektorientierung für den langfristigen Betrieb und das Basis-Monitoring schlecht ausgestattet sind.

Aus diesem Grund wurde die Rollenteilung erarbeitet, die sich in der „Strategischen Organisation“ des vorgeschlagenen Forschungsclusters widerspiegelt: den Dienstleistungs- und Strukturkomponenten (Standorts-Betrieb und Basis-Messprogramm) steht die wissenschaftliche Nutzung gegenüber. Diese erfolgt durch die Träger-Institution selbst oder durch andere nationale und internationale Nutzer. Dieses Wechselspiel erfordert ein komplementäres **Finanzierungs- und Betriebsmodell** für das (1) gesamte Standorts-Netzwerk, (2) Cluster von Standorten oder auch (3) einzelne Standorte. Das müsste auch in den Entwicklungsplänen und in den Leistungsvereinbarungen mit den Universitäten berücksichtigt werden, um einen permanenten Betrieb von Standorten zu sichern.

Wir konzentrieren uns im Folgenden vor allem auf das Gesamt-Netzwerk (Kernaufgabe von LTER-Austria), wollen dann aber auch zwei Beispiele von ökosystemtyp-spezifischen Standortclustern geben.

7.5.1 DAS ÖSTERREICHISCHE STANDORT-NETZWERK & DER WEG NACH EUROPA

Die Erfahrungen seit der ersten Thematisierung österreichischer Beiträge zu ESFRI Infrastrukturen im Umweltbereich (LifeWatch/ 2008) haben gezeigt, dass Schlüssel-Stakeholder wie das BMWWF nicht bereit sind, isolierte Initiativen zu unterstützen, ohne dass Relevanz und breite Rückendeckung sowohl durch die wissenschaftliche Gemeinschaft als auch die Infrastruktur-Träger geklärt wären.

Meilensteine am Weg zu dieser Klärung waren die Gründung von LTER-Austria, das erste LTER-Austria White Paper (Mirtl et al. 2010) und die Verortung des Wissenschaftsfeldes im IP „Global Change“ der ÖAW. Das Pool der österreichischen LTER Standorte und LTSE Plattformen repräsentiert den Großteil permanent betriebener Ökosystemforschungs-Standorte. Zudem wurde LTER auf europäischer Ebene in der ESFRI Roadmap „Landscape“ im Bereich Umwelt verankert. Anstatt also zu entscheiden, zu welchen spezialisierten Infrastrukturen Österreich mit einzelnen Standorten beitragen könnte, scheint es bei dieser Ausgangslage sinnvoll, die österreichische Ökosystemforschung entlang einer ESFRI Initiative für LTER weiterzuentwickeln. Ein wesentlicher Baustein dieser konzeptiven und rahmengebenden europäischen Initiative ist das Horizon 2020 Proposal „eLTER“, in dem LTER-Europe mit der Critical Zone research community (s. Kapitel 1.1 und 1.2) kooperiert:

A collective effort is needed to create the environmental research infrastructure for answering pressing questions in a world of rapid social, economic and environmental change.

The overall aim of the eLTER project is to advance the European network of Long-Term Ecosystem Research sites and socio-ecological research platforms to provide highest quality services for multiple use of a distributed research infrastructure.

eLTER's major objectives and methods are to:

- (1) identify user needs for the research infrastructure in relation to major societal challenges*** through consultations with scientific, policy and business stakeholders and horizon scanning;
- (2) streamline the design of a cost-efficient pan-European network, able to address multiple ecosystem research issues***, in collaboration with related global and European research infrastructures, e.g. LifeWatch;
- (3) develop the organisational framework for data integration and enable virtual access to the LTER data*** by enabling data publishing through distributed Data Nodes and by providing access to data on key research challenges through a Data Integration Platform;
- (4) foster the societal relevance, usability and multiple use of information, data and services*** through new partnerships with the providers of remotely sensed data, analytical services and scenario testing models, and via the adoption of new measurement technologies.

The LTER-Europe network and the European Critical Zone community will collaborate to achieve these goals. 162 sites in 22 countries will provide data on long-term trends in environmental change, some reaching back 100 years. Test cases using these data will address a range of environmental and social issues to push innovation in network level services and steer conceptual developments.

The envisaged "LTER Infrastructure" will enable European-scale investigation of major ecosystems and socio-ecological systems, and support knowledge-based decision making at multiple levels.

Im September 2014 richteten sich die 16 maßgeblichen LTER Infrastrukturträger Österreichs mit einer Petition an den österreichischen Wissenschaftsminister, die ESFRI-Initiative für LTER aktiv zu unterstützen:

- ➡ *„Im Zuge der Diskussion um die ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) Roadmap 2030 stehen wichtige Entscheidungen im Bereich der Umwelt-Forschungsinfrastrukturen an. Die Infrastrukturen Österreichs wurden in einem Konsens der maßgeblichen Infrastruktur-Halter strategisch organisiert. Jetzt gilt es, den österreichischen Beitrag zum europäischen Forschungsraum durch Weichenstellungen für hochkarätige Ökosystemforschung im eigenen Land zu sichern ...*

... Die Unterzeichner dieses Schreibens ersuchen das BMWFW dringend, auf eine Aufnahme von LTER auf die ESFRI Roadmap zu wirken ...

... Dieses Ersuchen ist ein wesentlicher Teil konzertierter Bestrebungen, die Standort-Infrastrukturen durch multiple Nutzung möglichst kosteneffizient zu betreiben ...“



Kulturlandschaft © Richard Schambruck

Universität für Bodenkultur Wien, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt – Institut für Soziale Ökologie, Karl-Franzens-Universität Graz, Universität Innsbruck, Österreichische Akademie der Wissenschaften – Nationalkomitee Global Change, Österreichische Akademie der Wissenschaften – Institut für Interdisziplinäre Gebirgsforschung, Umweltbundesamt GmbH, Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Nationalpark Gesäuse, Nationalpark Oberösterreichische Kalkalpen, Biologische Station Neusiedler See, WasserCluster Lunz, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Universität Wien – Institut für Geographie/Geoökologie.

Parallel können folgende Prüfungen vorgenommen werden:

- Welche e-Infrastrukturen sind für das österreichische Netzwerk so relevant und hilfreich, dass eine österreichische Beteiligung vorteilhaft wäre (z.B. LifeWatch, EUDAT)
- Welche Standorte könnten zu spezialisierteren Infrastrukturen beitragen (z.B. ICOS in der Umwelt-Domäne von ESFRI, AnaEE im experimentellen Bereich oder DANUBIUS). Diese Aufgabe wird durch die umfassende Dokumentation von Standorten in DEIMS (inkl. „LTER-Europe Site Classification“) maßgeblich unterstützt.

Die operative Zentrale des LTER Forschungsclusters könnte die Koordinierung dieses Prozesses fortsetzen (derzeit durch LTER-Austria Sekretariat).

7.5.2 ERFAHRUNGEN MIT THEMATISCHEN BZW. ÖKOSYSTEMTYP-SPEZIFISCHEN CLUSTER-INITIATIVEN

Seit der ersten Auflage haben sich zwei Cluster von LTER Standorten gebildet. Sie unternehmen Anstrengungen, die nationale LTER Strategie in ihrem engeren Themenbereich und für eine geringere Anzahl von Standorten umzusetzen und stellen damit exzellente Testfälle für das größere Pool dar.

7.5.2.1 Hochinstrumentierte Waldforschungsstandorte (BIOS-Projekt „LTER For-Austria“)

Es ist für die österreichische Waldforschung von hohem Interesse, den Mehrwert aus der gemeinsamen Nutzung von Standorten zu ziehen. Wie in anderen Ländern betrieben die maßgeblichen Infrastruktur-Träger des Bereiches (BOKU, BFW, UBA) bisher ihre Standorte alleine und primär zur eigenen Nutzung. Mit zunehmend komplexeren Fragestellungen im Kontext von Klimawandel, Stoff- und Energiehaushalt und der Wirkung von Extremereignissen stieg der apparative Aufwand. Das zentrale Problem aus österreichischer Sicht, ist, dass größere Neuinvestitionen in der derzeitigen wirtschaftlichen Lage schwierig sind, was ein separates Hochrüsten auf die nötigen Niveaus und einen Betrieb zu vieler Standorte (aufwändiges Basismonitoring) verunmöglicht. Nur über einen nationalen Konsens zu den prioritären Standorten, deren gemeinsamer Nutzung und Betrieb, können Standorte gesichert und international eingebracht werden. Der Trägerverbund fügt sich somit nahtlos in relevante Prozesse zur Infrastrukturentwicklung, um Akzeptanz und nachhaltiges Bestehen zu gewährleisten (LTER-Austria White Paper, BIOS Science Austria, Prozesse zur ESFRI Roadmap). Im Trägerverbund bringen die drei Partner je einen Standort (Zöbelboden, Rosalia und Klausen-Leopoldsdorf) zur vielfachen Nutzung ein, um einzelnen Forschungsprojekten den nötigen Rahmen und Basis-Dienstleistungen bereitzustellen. Die Standorte decken wichtige naturräumliche Gradienten Österreichs ab. Im Rahmen des Projektes wurde von den wissenschaftlichen Teams der Standorte und potenziellen Nutzern ein Portfolio an Forschungsthemen erarbeitet, das auf dem einzigartigen Potenzial dieser Standorte aufbaut (Benchmark Systeme im Landschaftskontext zur Erforschung des Stoffhaushaltes als Basis für Upscalings, Modellvalidierungen etc.). Die Forschungsthemen sind aus österreichischer Sicht prioritär und am internationalen Forschungsmarkt Erfolgsversprechend, profitieren von der Bearbeitung an mehreren Standorten und ziehen maximalen Nutzen aus bestehenden Daten und Infrastrukturen. Auf der Basis dieses Themenportfolios wurden Optionen für einen gemeinsamen Betrieb entwickelt (erforderliche Infrastruktur, Sicherung eines kostengünstigen Basismonitorings, Informationsmanagement, institutionelle Arbeitsteilung) und Varianten für die Institutionalisierung eines Infrastruktur-Clusters erarbeitet (Strategie zur mittelfristige Sicherung der Standorte im nationalen/ Europäischen Kontext).

7.5.2.2 Aquatische Standorte

Das ALEON-Projekt (Austrian Lake Ecological Observatory Network) sollte in ähnlicher Weise die bestehenden österreichischen Süßwasser-LTER Standorte vernetzen, bemüht sich aber noch um Förderung. Ziel ist es, die Infrastruktur bereitstellen, um ökosystemare Langzeittrends mit hoher zeitlicher Auflösung zu erfassen und Kurzzeit-Effekte meteorologischer Extremereignisse in fünf Seen vergleichend zu untersuchen. ALEON soll in die bestehenden internationalen Netzwerke GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network) und NETLAKE (Networking Lake Observatories in Europe, EU ESSEM COST Action) eingebunden werden. Die untersuchten Seen reichen von dem flachen, nährstoffreicheren Flachlandsee Neusiedlersee im Osten Österreichs bis hin zu dem hochalpinen, nährstoffarmen Gossenköllesee im Westen. Das ALEON-Projekt überprüft die Hypothese, dass der **relative** Einfluss meteorologischer Extremereignisse (d.h. Starkwind, Starkregen und ausgeprägte Temperaturschwankungen) auf die Phytoplankton-Gemeinschaft Seentyp-spezifisch ist. Da der Nährstoff-Eintrag in einen See u.a. von der Landnutzung und der landwirtschaftlichen Management-Praxis im Einzugsgebiet abhängt, setzt ALEON fortgeschrittene GIS (Geografische Informations-Systeme)–Technologien zusammen mit Fernerkundung ein, um die Wege des Phosphor-Transports im Einzugsgebiet abzuschätzen und Empfehlungen für effektive Maßnahmen zur Vermeidung des Nährstoff-Abflusses geben zu können. Das ALEON-Projekt stellt einen wesentlichen Schritt dar, die beiden bestehenden terrestrischen und aquatischen LTER sites in Mondsee mit dem Einzugsgebiet zu verbinden und die Entwicklung zu einer LTSE-Plattform vorzubereiten.

7.6 KRITISCHE FRAGEN UND MÖGLICHE UMSETZUNGSSCHRITTE

FOLGENDE KRITISCHE FRAGEN WERDEN IN UMSETZUNG DER VORSCHLÄGE ZU KLÄREN SEIN:

- Wie können die LTER Standorte der Universitäten konsistent in den Entwicklungsplänen und Leistungsvereinbarungen verankert werden (die LTER Standorte spielen angesichts der stark variierenden Größe, thematischen Breite und Ausrichtung einzelner Universitäten sehr unterschiedliche Rollen)?
- Wie können universitäre und außeruniversitäre Standorte nach einem Konzept schlüssig in einem nationalen Pool zusammengefasst werden?
- Wie wären die vorangegangenen und laufenden Investitionen sowie die Betriebskosten der Standorte zu erfassen und vergleichend darzustellen?
- Welche Arten von Dienstleistungen sollten zentrale Teile einer europäischen Ökosystemforschungs-Infrastruktur leisten?
- In welchem Verhältnis sollten aus österreichischer Sicht nationale Investitionen und Beiträgen, die in Österreich selbst (an den Standorten) verwendet werden, zu Beiträgen zum zentralen Teil einer europäischen Infrastruktur stehen?
- Welche Investitionen werden quer über die österr. Standorte nötig sein, um ein basales Standard-Messprogramm umzusetzen?
- Wo richtet das Forschungscluster LTER-Austria die operative Zentrale ein?

MÖGLICHE UMSETZUNGSSCHRITTE WÄREN:

- Bildung eines nationalen LTER Stakeholder Boards (Umwelt- und Ökosystemforschungsinfrastrukturen):
 - zuständige Ministerien BMFWF und BMLFUW
 - ÖAW/ IP Global Change
 - FWF, FFG
- Aufnahme von Expertengesprächen mit dem Vorstand von LTER-Austria und den Infrastruktur-Haltern (Unterzeichnern der ESFRI/LTER Petition)
- Prüfung des Standorts-Netzwerkes und Entwicklung von Betriebsmodellen (verteilte Trägerschaften und Nutzung)
- Erarbeitung eines Finanzierungsmodell für LTER Projekte (Kriterien bestehender Mechanismen vs. Rahmenprogramm) und Umsetzung
- Berücksichtigung der hier definierten LTER Anforderungen in den Empfehlungen für die zukünftige Entwicklung des österreichischen FTI-Systems seitens des Rates für Forschung und Technologieentwicklung (post Strategie 2020)

8 ANHANG

8.1 KURZBESCHREIBUNG ÖSTERREICHISCHER LTER SITES UND LTSEER PLATFORMS

The text of this annex will be regularly updated. Therefore it as an inlay in the very back of this document.

This chapter provides an overview of Austrian LTER Sites and LTSEER Platforms. The chapter structure reflects the achieved organization of the national ecosystem research infrastructure pool represented by LTER:

- LTSEER Platform Eisenwurzen
 - Sites of the platform in alphabetical order
- LTSEER Platform Tyrolean Alps
 - Sites of the platform in alphabetical order
- Other LTER Sites in alphabetical order

8.2 WECHSELWIRKUNGEN MIT „LONG-TERM ECOSYSTEM MONITORING (LTEM)“ (EUROPA)

A key factor in the initiation of LTER in Europe concerned strategic demands made by bodies responsible for environmental monitoring such as the European Environment Agency (EEA), currently challenged by multiple crises (energy, climate, food, financial) and requiring knowledge-based support for decision making. Many of the added values of LTER-Europe relate to requirements linked to the challenges of environmental monitoring, reporting, integrated assessment and valorization of ecosystem services, e.g.:

- indicator validation and development across scales, environmental and socioecological gradients
- optimization of monitoring schemes (scale-explicit, nested designs) across compartments and sectors
- policy support through assessing effects of measures (e.g. conservation measures on the (sub-)regional level within and outside protected areas)

Clearly, these values will only become effective in the mid and long term once **research projects (A)** have been carried out embedded within the restructured European Research Area and capitalizing on central services. As the results of these projects themselves will contribute to the hot spot nature of LTER facilities in terms of information density, data availability and understanding of complex phenomena (expertise), this is a self-reinforcing process which will significantly raise the costbenefit ratio of any type of information gathered. The benefits of the reorganization will also depend on the question of to what extent focused ecosystem- and socioecological research in LTER-Europe can be **linked with European environmental monitoring programs (B)**. This implies (C) the functional (parameter sets, data) and spatial (design) and temporal (real-time) integration of in situ networks and the coordinated provision of central services. These services need to comply with internationally accepted standards to ensure seamlessly available semantic and technically harmonisation data across environmental or administrative boundaries. This includes enabling concerted public access points for data and metadata across legal and funding frameworks.

Once LTER sites and LTSEER platforms in particular have been integrated within monitoring schemes, they can **provide the ecosystem- and socioecological context** of individual monitoring and sampling points (e.g. EMEP). Capitalizing on these context data gathered at different scales in nested designs as promoted by LTER, multivariate statistics, geostatistical methods and stratifications will help in quantifying the power and representativity of point data as well as their proper usability in models, e.g. for the testing of scenarios.

Organizing standard observations and measurements within LTER exemplarily revealed the **mutual interdependency and complementarity of long-term ecosystem research and monitoring**: A few groups of parameters are considered important, available and feasible at the same time, and as such they could be recommended immediately (partially down to the parameter level). However, the discussion about standard parameters also resulted in a recommendation concerning the selection of further LTER sites, in the sense that they are to be located in



Nebel am Zöbelboden und im Weissenbachtal: © Michael Mirtl

close proximity to or even overlapping with sites of existing longterm ecosystem/environmental monitoring (LTEM) schemes. This relates to the question of **how environmental monitoring and research are organized** in Europe: Whereas the responsibility for research rests with universities and other academic institutions, mostly governmental bodies are in charge of monitoring. Yet funding mechanisms, mandates, internal organization and selfperception of staff roles favor either i) the production of high quality longterm monitoring data, applied research and the maintenance of infrastructure or ii) scientific projects and teaching. Whereas monitoring is defined as the continuous observation, control and measuring of the state and structure of a system (Meyers Online Encyclopedia; Wikipedia), research is the planned and targeted search for new findings in a specific realm (Neuer Brockhaus 2003). But applying a longer timescale, the designs and targets of monitoring are hypothesisdriven as well. The recent reorganization of LTER in the United States (NEON, see references/ internet links) gives evidence that there is **no LTER without LTEM** and vice versa. Environmental research needs to trigger and optimize monitoring designs and methods and mutually monitoring data must form an integral part of the research. LTER Europe's design could provide a step towards integration and the synergistic use of potentials and division of tasks.

Very importantly, LTER plus LTEM also represent an enormous potential for **serendipitous science**. Serendipity is the effect by which one accidentally discovers something fortunate, especially while looking for something else entirely different (<http://en.wikipedia.org/wiki/Serendipity>). Firstly, sagacity is required to be able to link together apparently innocuous facts to come to a useful conclusion. But – equally importantly – one needs access to the facts in order to apply sagacity. Translated into environmental science and LTER, processes, cause effect relationships and mechanisms eventually driving our socioecological systems and significantly affecting ecosystem services can only be identified on the basis of well documented longterm data and information.

Creating such databases for a representative network of locations and securing the sustainable use of legacy information gathered at considerable cost belongs to the core of LTER-Europe's mission. Thus, while some scientists and inventors are reluctant to report accidental discoveries, others openly admit its role; in fact serendipity is a major component of scientific discoveries and inventions. According to Stoskopf (2005) it should be recognized that serendipitous discoveries are of significant value in the advancement of science and often present the foundation for important intellectual leaps of understanding. Bearing in mind the importance of LTER's precautionary principle, the 20 year review of US-LTER underpinned the importance of serendipitous science exploiting unexpected events as opposed to synthesis science looking forward and being hypothesis and theory-driven.

8.3 GLOSSAR

ALTER-Net - FP6 Network of Excellence, which facilitated the development of LTER-Europe. Now a self-financing network of 27 institutions in the field of biodiversity & ecosystems research

AnaEE - ESFRI preparatory project on a RI for ecosystem experimentation

Belmont Forum - High level group of the world's major and emerging funders of global environmental change research and international science councils

BiodivERSA - Network of national funding organisations promoting pan-European research for the conservation and sustainable management of biodiversity (ERA-NET)

BioFresh - The Global Freshwater Biodiversity Information Platform

BISE - Biodiversity Information System for Europe (single entry point for data on biodiversity)

CLRTAP - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution in the UNECE

Copernicus - Global Monitoring for Environment and Security programme (remote sensing)

CRITEX - National network for the spatial and temporal study of the French Critical Watershed Zone

CSW - Catalogue Service Web (OGC Standard); service based publishing of metadata

CZ, CZO - Critical Zone concept; CZ research sites are Critical Zone Observatories

DataONE - Data Observation Network for Earth (US)

DEIMS - Drupal Ecological Information Management System operated by ILTER and LTER-Europe and providing a web client interface for documenting metadata and data from research sites

DMP - Data Management Plan

DOI - Digital Object Identifier (ISO 26324)

EcoPAR - Interactive web tool "Parameters and Methods for Ecosystem Research & Monitoring"

ECSA - European Citizen Science Association

EEA - European Environment Agency

EEF - European Ecological Federation

EF - INSPIRE data theme Environmental Monitoring Facility

EFI - European Forest Institute

EGI - European Grid Infrastructure

eLTER Site - Site within the LTER infrastructure pool, which contributes to eLTER

eLTER DIP - eLTER Data Integration Platform, providing interoperable data from different data nodes

eLTER DN - eLTER Data Node, the IT infrastructure providing service-based access to metadata and data

eLTER-S2 - eLTER Software Suite, the set of tools and services needed to set up an eLTER Data Node

EMBRC - European Marine Biological Resource Centre

EMEP - European Monitoring and Evaluation Programme (belongs to CLRTAP)

EML - Ecological Metadata Language, a standard metadata schemata for observation data

EnvEurope - European Life+ Project "Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring"

ENVRI, ENVRI+ - FP7 project "Common Operations of Environmental Research infrastructures", a collaboration in the ESFRI Environment Cluster. ENVRI+ might be a successor under H2020

EnvThes - Environmental Thesaurus. A multilingual thesaurus developed in the framework of the projects Life + EnvEurope and ExpeER

EPBRS - European Platform for Biodiversity Research Strategy

ERA - European Research Area

ERIS - Environmental Research Infrastructures Strategy (a product of ENVRI)

ESFRI, ESFRI ENV - European Strategy Forum on Research Infrastructures. ESFRI ENV concerns environmental research

EU NEC directive - Proposal for a directive on National Emission Ceilings

EUBON - European Biodiversity Observation Network (FP7)

EUDAT - European Collaborative Data Infrastructure (FP7)

ExpeER - A major European Infrastructure project (2010-2014) in ecosystem research

FOAF - Friend of a Friend (FOAF) metadata schemata

GEO BON - Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network (part of GEOSS)

GIS - Geographic Information Systems
 GLEON - Global Lake Ecological Observatory Network
 GLORIA - Global observation network for climate change impact in high alpine areas
 ICOS - Integrated Carbon Observation System. An ESFRI research infrastructure
 ICP - International Co-operative Programs of the UNECE/CLRTAP. Specific monitoring programs are ICP Forests; ICP Integrated Monitoring of Ecosystems, ICP Vegetation
 ILTER - International Long Term Ecosystem Research network
 INCREASE - Integrated Network on Climate Research (FP7I3, experimentation)
 INNGE - International Network of Next Generation Ecologists
 INSPIRE - EU Directive, and aims to create an EU spatial data infrastructure
 INTERACT - International Network for Terrestrial Research and Monitoring in the Arctic (FP7 RI)
 IPBES - International Panel on Biodiversity and Ecosystem Services
 IPCC - International Panel on Climate Change
 IPR - Intellectual Property Rights
 IS-ENES - RI of the European Network for Earth System Modeling
 Jerico - Joint European Research Infrastructure Network For Coastal Observatories (FP 7)
 JRA - Joint Research Activities
 JRC - Joint Research Centre, the European Commission's in-house science service
 LifeWatch - European e-Science infrastructure for biodiversity and ecosystem research
 LTER Infrastructure - The integrated ecosystem research infrastructure to be established by eLTER
 LTER infrastructure pool - The pool of long-term ecosystem research infrastructures on which eLTER builds (LTER-Europe network plus Critical Zone Observatory sites)
 LTER Site - Natural scientific research sites of LTER-Europe
 LTSER Platform - Regional infrastructure for socio-ecological research (of the LTER-Europe)
 LTER-Europe - European Long-Term Ecosystem Research Network, consisting of 21 formal national LTER networks and representing Europe as ILTER regional group
 MD - Metadata
 M&T - Mobility and Training
 NA - Networking Activity
 NEON - National Ecological Observatory Network, USA
 OGC - Open Geospatial Consortium. 481 companies collaborating on interface standards
 RCM - Regional Climate Model
 RDA - Research Data Alliance
 RI - Research Infrastructure
 SensorML - Sensor Model Language (OGC Standard)
 SoilTrEC - Soil Transformations in European Catchments (FP7 project)
 SOP - Standard Operating Procedure
 SOS - Sensor Observation Service (OGC Standard)
 SWE - Sensor Web Enablement (OGC Standard)
 TA - Transnational Access (in-person)
 TERENO – Integrated “Terrestrial Environmental Observatories”, Germany
 TERN - Terrestrial Ecosystem Research Network, Australia
 TSAP - Thematic Strategy on Air Pollution
 UNECE - United Nations Economic Commission for Europe
 VA - Virtual Access
 VRI - Virtual Research Infrastructure
 WP, WPs - Work Package, Work Packages
 WFS - Web Feature Service (OGC Standard)
 WMS - Web Map Service (OGC Standard)
 W3C - World Wide Web Consortium; standardization organization

8.4 MEMORANDUM OF COOPERATION ZWISCHEN LIFEWATCH UND LTER-EUROPE



MEMORANDUM OF COOPERATION

Between LTER-Europe and LifeWatch

1. Introduction

This Memorandum of Cooperation (MoC) provides the basis for the Long-term Ecosystem Research network Europe (LTER-Europe) and LifeWatch (hereinafter 'the Parties') to collaborate together to develop and share infrastructure and information, in order to further their respective mandates.

As both Parties comprise membership from countries and organizations, and mandates from these memberships to develop relevant operational partnerships, it is envisaged that the conditions of this MoC will apply to the coordinating facilities of both Parties as well as their joint and respective memberships. As such, reference to the Parties (i.e. 'LTER-Europe' and 'LifeWatch') incorporates the full organisational memberships respectively.

2. The Parties

The Long-term Ecosystem Research Network is a network of about 250 Long-term Ecosystem Research Sites and about 30 Long-term Socio-ecological Research Platforms. The mission of LTER-Europe is to investigate across Europe's environmental gradients the drivers of major ecosystem types and socio-ecological systems and how changes affect ecosystem services. The distributed infrastructure is currently organized in 21 formal national LTER networks and contributing to the global umbrella network (International Long-term Ecological Research Network, ILTER). The conceptual pillars of LTER-Europe are "in-situ", long-term, process orientation and system approaches at different scales from plots to entire catchments studies. Data legacies and all issues related to the management and analysis of distributed data sources form an integral part of the infrastructure.

LifeWatch is becoming a consortium of European States and supporting scientific networks operating a research infrastructure for biodiversity and ecosystem research. The mission of LifeWatch is to construct and operate a distributed information management and analytical infrastructure for biodiversity and ecosystem science based upon Europe-wide strategies implemented at the local level: individuals, research groups, institutions, countries. Its objective is to accelerate scientific progress and societal use of such science by operating facilities for the integration, analysis and modelling of data, allowing users to build virtual collaborative environments for their specific modelling and analysis purposes. The LifeWatch Architecture, as described by the LifeWatch Reference Model (LifeWatch-RM) is the technical basis of European strategies for local implementation.

3. Objective of this Memorandum of Cooperation (MoC)

The services of LifeWatch to users are depending on a number of data generating facilities, including LTER-Europe. In turn, LTER-Europe organisations are potential users of the LifeWatch research infrastructure. Both benefit from cooperative developments, including data sharing and transfer, data standards and protocols, semantic capabilities, and supporting software.

The objective of this MoC is to formalise a framework for co-operative and collaborative work between LTER-Europe and LifeWatch initiatives while recognising their respective independent yet complementary missions as summarized under article 2 above.

Cooperative activities include:

- a. promotion of a common, free and open access data and software policy;
- b. fostering interoperability of facilities by cooperation towards a service oriented architecture for which the LifeWatch Reference Model may serve a guidance;
- c. fostering the use of common standards and protocols;
- d. development of joint demand-driven data discovery and mobilisation plans involving LTER-Europe partners and LifeWatch National Centres;
- e. ensuring the interoperability of the LTER-Europe architecture and the LifeWatch architecture.
- f. identifying and implementing collaborative projects of value to both organizations;
- g. establishing a mechanism to secure the continued maintenance and improvement of cooperation to meet common goals;
- h. developing joint thematic or training workshops and other meetings where appropriate, both at the European and national levels;
- i. promoting the participation of European countries in both Parties by encouraging a close interaction of national LTER network offices and LifeWatch national Centres;
- j. ensuring frequent two-way communication between the Parties on activities and joint publicity to audiences in support of these cooperative activities.

Specific agreed activities may be drafted as Addenda to this MoC with details, including personnel, funds and objectives captured on a case-by-case basis.

4. Conditions of Use

Both Parties agree that they will clearly label the source of all content and require users to indicate those sources in any subsequent re-use. Each Party agrees to fully acknowledge the other (verbally and by including logos) when citing or promoting jointly developed products.

5. Amendments and Modifications

Either Party may recommend amendments to this Memorandum of Cooperation by notifying the other Party in writing and, with the subsequent agreement of the other Party, then implementing those amendments.

Notwithstanding the foregoing, both Parties undertake to jointly review and revise (as necessary) this Memorandum of Cooperation two years after it comes into force.

6. Non-exclusive Agreement

This Memorandum of Cooperation is non-exclusive, and in no way restricts either LTER-Europe or LifeWatch from participating in similar activities or arrangements with other public or private initiatives, organizations, or individuals.

For LTER-Europe:



Date: 4.8.2014

Michael Mirtl
(Chair of LTER-Europe)

For LifeWatch:



Date: 8-8-2014

Benjamin Sanchez Gimeno
(Chair of the LifeWatch Board of Directors)

9 LITERATUR

- Adams W. M., D. Brockington, J. Dyson, and B. Vira, (2003): Managing Tragedies: Understanding Conflict over Common Pool Resources. *Science*, 302: 1915–1916.
- Arthofer, W.; Rauch, H.; Thaler-Knoflach, B.; Moder, K.; Muster, C.; Schlick-Steiner, B.C.; Steiner, F.M. (2013): How diverse is *Mitopus morio*? Integrative taxonomy detects cryptic species in a small-scale sample of a widespread harvestman. *Molecular Ecology* 22/14, S. 3850–3863.
- Balian, E.V.; Berhault, A.; Rode, J.; Schindler, S. & Sharman, M. (2011): Report of the Positive Visions for Biodiversity Summit: the 2010 European Platform for Biodiversity Research Strategy (EPBRS) meeting under the Belgian Presidency of the European Union. EPBRS, Brussels. 14.05.2011. Available from: <http://www.positivevisionsforbiodiversity.org/pg/file/read/2952/report-of-the-positive-visions-for-biodiversity-summit>
- BDA (2008): Plattform Biodiversität Forschung Austria (BDA): Tätigkeitsbericht Mai 2008 für das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BWF). Universität Wien, Austria, 74 pp.
- Becker E. and T. Jahn, (2006): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen, Campus, Frankfurt. Blaikie P., T. Cannon, I. Davis, and B. Wiesner, (1994): At risk - Natural hazards, people's vulnerability, and disasters, Routledge, London.
- Benken, T. and R. Raab (2008): Odonata of the 'Seewinkel' at Lake Neusiedl, Austria: Frequency, population trends, and how endangered they are. *Libellula* 27(3-4): 191–220.
- Bohle H. G. and T. Glade, (2007): Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In: C. Felgentreff and T. Glade (Editors), *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 99–200.
- Boyd, J., Banzhaf, S. (2007): What Are Ecosystem Services? The Need for Standardized Environmental Accounting Units. *Ecological Economics* 63 (2–3): 616–626.
- Cichini, K., Schwienbacher, E., Marcante, S., Seiber, G., Erschbamer, B. (2011): Colonization of experimentally created gaps along an alpine successional gradient. *Plant Ecology*, 212: 1613–1627.
- Collins, S.L., Carpenter SR, Swinton SM, Orenstein DE, Childers DL, Gragson TL, Grimm NB, Grove JM, Harlan SL, Kaye JP, Knapp AK, Kofinas GP, Magnuson JJ, McDowell WH, Melack JM, Ogden LA, Robertson GP, Smith MD, Whitmer AC (2011): An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Front Ecol Envir*. Vol. 9, 351–357.
- COM (2011) Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020, Brussels. COM 244, 2011. http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/1_EN_ACT_part1_v7%5B1%5D.pdf
- Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.S.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.; Paruelo, J.; Raskins, R.; Sutton, B. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, Vol.387, No.6630, (May 1997), pp. 253–260, ISSN 0028-0836
- Daily, G. (1997): *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington DC.
- De Groot, R.S.; Wilson, M.A. & Boumans, R.M.J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, Vol.41, No.3, (June 2002), pp. 393–408, ISSN 0921-8009
- Dietz T., E. Ostrom, and P. C. Stern, (2003): The Struggle to Govern the Commons. *Science*, 302: 1907–1912.
- Dirnböck, T.; Bezák, P.; Dullinger, S.; Haberl, H.; Lotze-Campen, H.; Mirtl, M.; Peterseil, J.; Redpath, S.; Singh, S.; Travis, J. & Wijdeven, S.M.J. (2013). Critical scales for integrated biodiversity research, In: Long term socio-ecological research: Studies in society-nature interactions across spatial and temporal scales. S.J. Singh, H. Haberl, M. Chertow, M. Mirtl & M. Schmid (Eds.) Springer, pp. 123–138, ISBN 978-94-007-1176-1
- Dirnböck, T.; Essl, F. & Rabitsch, W. (2011). Disproportional extinction risk of high-altitude endemic species under climate change. *Global Change Biology*, Vol.17, No.2 (February 2011), pp. 990–996, ISSN 1365-2486
- Dirnböck, T.; Grandin, Ulf; Bernhardt-Römermann, M.; Beudert, B.; Canullo, R.; Forsius, M.; Grabner, M.-T.; Holmberg, M.; Kleemola, S.; Lundin, L.; Mirtl, M.; Neumann, M.; Pompei, E.; Salemaa, M.; Starlinger, F.; Staszewski, T.; Uziębło, AK (2014). Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe. *Global Change Biology* 20: 429–440.
- Diwold K; Dullinger S; Dirnböck, T (2010). Effect of nitrogen availability on forest understorey cover and its consequences for tree regeneration in the Austrian limestone Alps. *Plant Ecology* 209: 11–22.
- Dressel Gert, Wilhelm Berger, Katharina Heimerl, Verena Winiwarer (Hg.), (2014): *Interdisziplinär und transdisziplinär forschen. Praktiken und Methoden*. Bielefeld: transcript Verlag ISBN: 978-3-8376-2484-7.
- Dullinger S.; Essl F.; Rabitsch W.; Erb, K.-H.; Gingrich, S.; Haberl, H.; Hülber, K.; Jarošík, V.; Krausmann, F.; Kühn, I.; Pergl, J.; Pyšek, P.; Hulme, P.E. (2013) Europe's other debt crisis caused by the long legacy of future extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 110, pp. 7342–7347, ISSN 0027-8424
- EEA (2007). European Environment Agency Report No. 11. Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. Copenhagen, Denmark, 14.05.2011. Available from http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_11
- EEA 2007 – EEA, (2007): Europe's Environment. The Fourth Assessment. European Environment Agency, Copenhagen.
- Ehlers E., (2008): *Das Anthropozän*, Wissenschaftliche Buchgemeinschaft, Darmstadt.
- Ehrlich, P.R. & Pringle, R.M. (2008). Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol.105, Supplement 1 (August 2008), pp. 11579–11586, ISSN 1091-6490
- Elith, J.; Graham, C.H.; Anderson, R.P.; Dudík, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J.R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L.G.; Loiselle, B.A.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.M.C.; Peterson, A.T.; Phillips, S.J.; Richardson, K.S.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R.E.; Soberón, J.; Williams, S.; Wisz, M.S. & Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, Vol.29, No.2 (April, 2006), pp. 129–151, ISSN 1600-0587
- Engler, R.; Randin, C.; Thuiller, W.; Dullinger, S.; Zimmermann, N.E.; Araújo, M.B.; Pearman, P.B.; Le Lay, G.; Piédallu, C.; Albert, C.H.; Choler, P.; Coldea, G.; de Lamo, X.; Dirnböck, T.; Gégout, J.-C.; Gómez-García, D.; Grytnes, J.-A.; Heegaard, E.; Hoistad, E.; Nogués-Bravo, D.; Normand, S.; Puşcas, M.; Sebastiá, M.-T.; Stanisci, A.; Theurillat, J.-P.; Trivedi, M.; Vittori, P. & Guisan, A. (2011). 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology*, Vol.17, No.7 (July, 2011), pp. 2330–2341, ISSN 1365-2486
- EPBRS (2006): EPBRS Recommendations on Europe's Mountain Biodiversity: Research, Monitoring, Management. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under Austrian Presidency of the EU. EPBRS, Vienna, Austria. <http://www.epbbs.org/PDF/AT-2006-MountainBiodiversity-Final.pdf>
- EPBRS (2007a): Biodiversity in the wider countryside. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under German Presidency of the EU. EPBRS, Leipzig, Germany. <http://www.epbbs.org/PDF/EPBRS-DE2007-Wider%20countryside%20final.pdf>
- EPBRS (2007b): Biodiversity and ecosystem services: the Millennium Ecosystem Assessment framework in a European perspective. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under German Presidency of the EU. EPBRS, Leipzig, Germany. <http://www.epbbs.org/PDF/EPBRS-DE2007-Mill%20Ecosystem%20final.pdf>
- EPBRS (2008): Water for Life: Research priorities for sustaining freshwater biodiversity. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under Slovenian Presidency of the EU. EPBRS, Brdo, Slovenia. http://www.epbbs.org/PDF/EPBRS-SI2008-Freshwater_Final_.pdf
- EPBRS (2010): European Biodiversity Research Strategy 2010–2020. Version 1. EPBRS, Palma de Mallorca, Spain, 14.05.2011. Available from http://www.epbbs.org/PDF/EPBRS_StrategyBDRResearch_May2010.pdf
- EPBRS (2011): Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under the Hungarian Presidency of the EU concerning ecosystem services. EPBRS, Budapest, Hungary, 14.05.2011. Available from http://share.bebif.be/data/EPBRS/EPBRS-HU2011-EcosystemServices_Final.pdf
- EPBRS (2013): Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under the Irish Presidency of the EU concerning research to support the implementation of the EU Biodiversity Strategy. EPBRS, Dublin, Ireland.
- Erschbamer, B. & Mayer, R. (2011): Can successional species groups be discriminated based on their life history traits? A study from a glacier foreland in the Central Alps. *Plant Ecology & Diversity* 4: 341–351.

- Essl, F.; Dullinger, S.; Rabitsch, W.; Hulme, P.E.; Hülber, K.; Jarošík, V.; Kleinbauer, I.; Krausmann, F.; Kühn, I.; Nentwig, W.; Vilà, M.; Genovesi, P.; Gherardi, F.; Desprez-Loustau, M.-L.; Roques, A. & Pyšek, P. (2011). Socio-economic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol.108, No. 1 (January 2011), pp.203–207, ISSN 1091-6490
- Felgentreff C. and T. Glade, (2007): *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Fischer-Kowalski M. & Weisz H. (1999): Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interaction. *Advances in Human Ecology*, 8, 215–251.
- Fischer-Kowalski M. and H. Haberl (2007): *Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*, Edward Elgar, Cheltenham, UK; Northampton, USA.
- Fischer-Kowalski M. and K.-H. Erb (2006): *Epistemologische und konzeptuelle Grundlagen der Sozialen Ökologie*. Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 148: 33–56.
- Fontana V, Radtke A, Walde J, Tasser E, Wilhalm T, Zerbe S, Tappeiner U (2014): What plant traits tell us: Consequences of land-use change of a traditional agro-forest system on biodiversity and ecosystem service provision. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 186, 44–53.
- Gallopín G. C., (2002): *Epistemological Issues in Sustainability Science*. Presentation at the Science and technology for a transition toward sustainability symposium, American Association for the Advancement of Science, Annual Meeting 17 February 2002, Boston, MA.
- GLP (2005): *Science Plan and Implementation Strategy*. IGBP Report No. 53/IHDP Report No. 19. IGBP Secretariat, Stockholm. 64pp.
- Gottfried, M.; Hantel, M.; Maurer, C.; Toechterle, R.; Pauli, H.; Grabherr, G. (2011). Coincidence of the alpine-nival ecotone with the summer snowline. *Environmental Research Letters*, 6, 014013.
- Gottfried, M.; Pauli, H.; Futschik, A.; Akhalkatsi, M.; Barancok, P.; Benito Alonso, J. L.; Coldea, G.; Dick, J.; Erschbamer, B.; Fernández Calzado, M. R.; Kazakis, G.; Krajci, J.; Larsson, P.; Mallaun, P.; Michelsen, O.; Moiseev, D.; Moiseev, P.; Molau, U.; Merzouki, A.; Nagy, L.; Nakhutsrishvili, G.; Pedersen, B.; Pelino, G.; Púscas, M.; Rossi, G.; Stanisci, A.; Theurillat, J.-P.; Thomaselli, M.; Villar, L.; Vittoz, P.; Vogiatzakis, I.; Grabherr, G. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*, Vol.2, pp. 111–115.
- Gregory, R.D.; Willis S.G.; Jiguet F.; Voříšek P.; Klvaňová A.; van Strien, A.; Huntley, B.; Collingham, Y.C.; Couvet, D. & Green, R.E. (2009): An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. *PLoS-ONE*, Vol.4, No.3, (March 2009), e4678, ISSN 1932-6203
- Grigulis K, Lavorel S, Krainer U, Legay N, Baxendale C, Dumont M, Kastl E, Arnoldi C, Bardgett RD, Poly F, Pommier T, Schloter M, Tappeiner U, Bahn M, Clément JC (2013): Relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services. *Journal of Ecology* 101, 45–57.
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* Vol.8, No.9 (June, 2005), pp. 993-1009, ISSN 1461-0248
- Gunderson, L. and C.S. Holling, eds. (2002): *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press: Washington, D.C. Haberl H., M. Fischer-Kowalski, F. Krausmann, H. Weisz, and V. Winiwarter, (2004): Progress Towards Sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer. *Land Use Policy*, 21: 199–213.
- Haberl H., V. Winiwarter, K. Andersson, R. U. Ayres, C. G. Boone, A. Castillio, G. Cunfer, M. Fischer-Kowalski, W. R. Freudenburg, E. Furman, R. Kaufmann, F. Krausmann, E. Langthaler, H. Lotze-Campen, M. Mirtl, C. A. Redman, A. Reenberg, A. D. Wardell, B. Warr, and H. Zechmeister, (2006): From LTER to LTSEr: Conceptualizing the socio-economic dimension of long-term socio-ecological research. *Ecology and Society*, 11:13 [online], <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art13/>.
- Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Simone Gingrich, Thomas Kastner, Fridolin Krausmann, (2013a): Human Appropriation of Net Primary Production, Stocks and Flows of Carbon, and Biodiversity. In: Rattan Lal, Klaus Lorenz, Reinhard F. Hüttl, Bernd Uwe Schneider, Joachim von Braun (eds.), *Ecosystem Services and Carbon Sequestration in the Biosphere*. Springer, Berlin, 313–331
- Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Veronika Gaube, Simone Gingrich, Simron J. Singh, (2013b): Tracing changes in socio-ecological stocks and flows of materials and energy across space and time – an overview of sociometabolic LTSEr approaches. In: Singh, Simron J., Helmut Haberl, Marian Chertow, Michael Mirtl, Martin Schmid (eds.), *Long-Term Socio-Ecological Research. Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 29–52
- Haines-Young R, Potschin M (2013) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August–December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003 (Download at www.cices.eu or www.nottingham.ac.uk/cem)
- Hammond, A.; Adriaane, A.; Rodenburg, E.; Bryant, D. & Woodward, R. (1995): *Environmental Indicators: a Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. World Resources Institute, ISBN 1-56973-026-1, Washington, DC.
- Hirsch-Hadorn G., H. Hoffmann-Riem, S. Biber-Klemm et al., (2008): *Handbook of Transdisciplinary Research*, Springer, Stuttgart, Berlin, New York.
- Holling C. S., (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecological Systematics*, 4: 1–24.
- Hooper, D.U.; Chapin, F.S.III; Ewel, J.J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J.H.; Lodge, D.M.; Loreau, M.; Naeem, S.; Schmid, B.; Setälä, H.; Symstad, A.J.; Vandermeer, J. & Wardle, D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, Vol.75, No.1 (February 2005), pp. 3-35, ISSN 0012-9615
- Hörtnagl, P., M. T. Pérez, and R. Sommaruga (2011) Contrasting effects of ultraviolet radiation on the growth efficiency of freshwater bacteria. *Aquatic Ecology* 45: 125–136.
- Hülber, K.; Dirnböck, T.; Kleinbauer, I.; Willner, W.; Dullinger, S.; Karrer, G. & Mirtl, M. (2008). Long-term impacts of nitrogen and sulphur deposition on forest floor vegetation in the Northern limestone Alps, Austria. *Applied Vegetation Science* 11: 395–404.
- Kates R. W., W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, I. Lowe, J. J. McCarthy, H. J. Schellnhuber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopín, A. Grüber, B. Huntley, J. Jäger, N. S. Jodha, R. E. Kasperson, A. Mabogunje, P. A. Matson, H. A. Mooney, B. Moore III, T. O'Riordan, and U. Svedin, (2001): *Sustainability science*. *Science*, 292: 641–642.
- Koenig, T., Kaufmann, R., Scheu, S. (2011): The formation of terrestrial food webs in glacier foreland: evidence for the pivotal role of decomposer prey and intraguild predation. *Pedobiologia*, 54: 147–152.
- Kreiner D., Maringer A., Zechner L. (2012): ECONNECT – Improving Connectivity in the Alps, Implementation in the pilot region Northern Limestone Alps. *eco.mont* 4, 41–46.
- Kremen, C. (2005). Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, Vol.8, No.5 (May, 2005), pp. 468–479, ISSN 1461–0248
- Kulke E. and H. Popp, (2008): *Umgang mit Risiken. Katastrophen – Destabilisierung – Sicherheit*, Deutsche Gesellschaft für Geographie, Bayreuth, Berlin.
- Kuttner, M., Hainz-Renetzeder, C., Hermann, A., Wrška, T. 2013: Borders without barriers – Structural functionality and green infrastructure in the Austrian–Hungarian transboundary region of Lake Neusiedl. *Ecological Indicators* 31, 59–72.
- Kuussaari, M.; Bommarco, R.; Heikkinen, R.K.; Helm, I.; Krauss, J.; Lindborg, R.; Öckinger, E.; Pärtel, M.; Pino, J.; Rodà, E.; Stefanescu, C.; Teder, T.; Zobel, M. & Steffan-DeWenter, I. (2009). Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 24, No.10 (August, 2009), pp. 564–571, ISSN 0169-5347
- Luck, G.W.; Daily, G.C. & Ehrlich, P.R. (2003). Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol.18, No.7 (July, 2003), pp. 331–336, ISSN 0169-5347
- Mace GM, Norris K, Fitter AH. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *TREE* 27(1): 19–26.
- Maes J, Egoh B, Willemen L, Lique C, Vihaveera P, Schägner JP, Grizzetti B, Drakou EG, La Notte A, Zulian G, Bouraoui F, Paracchini ML, Braat L, Bidoglio G (2012) Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1: 31–39.
- Maihofer A. (2005): Inter-, Trans- und Postdisziplinarität. Ein Plädoyer wider die Ernüchterung. In: H Kahlert, B Thissens, and I Weller (Editors), *Quer denken – Strukturen verändern: Gender Studies zwischen Disziplinen*. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 185–202.
- Marcante S, Schwenbacher E. & Erschbamer, B. (2009a): Genesis of a soil seed bank on a primary succession in the Central Alps (Ötztal, Austria). *Flora* 204: 434–444.
- Marcante S, Sierra-Almeida, A., Spindelböck, J.P., Erschbamer, B., Neuner, G. (2012): Frost as a limiting factor for recruitment and establishment of early development stages in an alpine glacier foreland? *Journal of Vegetation Science* Volume: 23 Issue: 5, pp. 858–868.
- Marcante S, Winkler, E. & Erschbamer, B. (2009b): Population dynamics along a primary succession gradient: do alpine species fit into demographic succession theory? *Annals of Botany* 103: 1129–1143.

- Mauerhofer, V. (2010): Missing links: how individuals can contribute to reserve policy enforcement on the example of the European Union. *Biodiversity and Conservation*, Vol.19, No.3, (March, 2010), pp. 601–618, ISSN 0960-3115
- Mauerhofer, V. (2011): A bottom-up 'Convention-Check' to improve top-down global protected area governance. *Land Use Policy*, Vol. 28, No.4 (October, 2011), pp. 877–886, ISSN 0264-8377, doi: 10.1016/j.landusepol.2011.03.004
- Mayer W, Pfefferkorn-Dellali V, Türk R, Dullinger S, Mirtl M, Dirnböck T (2013). Significant decrease in epiphytic lichen diversity in a remote area in the European Alps, Austria. *Basic and Applied Ecology* 14 (2013) 396–403.
- Mayer, R., Erschbamer, B. (2011): Seedling recruitment and seed-/microsite limitation in traditionally grazed plant communities of the alpine zone. *Basic and Applied Ecology*, 12: 10–20.
- Mayer, R., Erschbamer, B. (2013): Ongoing changes at the long-term monitoring sites of Gurgler Kamm Biosphere Reserve, Tyrol, Austria. *Eco-mont* 6 (1): 5–15.
- MEA (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Island Press, ISBN 1-55963-402-2, Washington, DC
- Metz, H., & Forro, L. (1991): The chemistry and crustacean zooplankton of the Seewinkel pans - a review of recent conditions. *Hydrobiologia*, 210, 25–38.
- Mirtl, M. et al. (2009): LTER-Europe Design and Implementation Report – Enabling “Next Generation Ecological Science”: Report on the design and implementation phase of LTER-Europe under ALTER-Net & management plan 2009/2010. Umweltbundesamt, Federal Environment Agency Austria. Vienna. 220 pages. ISBN 978-3-99004-031-7
- Mirtl, M. (2010): Introducing the next generation of ecosystem research in Europe: LTER-Europe's multi-functional and multi-scale approach. In: Müller F, Baessler C, Schubert H, Klotz S (eds) *Long-term ecological research: between theory and application*. Springer, Dordrecht. 456 pages. ISBN: 978-90-481-8781-2
- Mirtl, M.; Bahn, M.; Battin, T.; Borsdorf, A.; Englisch, M.; Gaube, V.; Grabherr, G.; Gratzner, G.; Kreiner, D.; Haberl, H.; Richter, A.; Schindler, S.; Tappeiner, U.; Winiwarter, V. & Zink, R. (2010): LTER-Austria White Paper. “Next Generation LTER” in Austria. LTER-Austria-Austrian Long-Term Ecosystem research Network, ISBN 978-3-901347-94-8, Vienna, Austria. 14.05.2011, Available from <http://www.lter-austria.at>
- Mirtl, M.; Götzl, M.; Malicky, M.; Rainer, H.; Schleidt, K.; Schindler, S. & Schentz, H. (2011): Österreichisches ESFRI Roadmap Projekt „LIFEWATCH“. Erstes Konzept als Basis zur Zeichnung des LifeWatch MoI. Vienna, Austria, 07.07.2011, Available from <http://www.lter-austria.at>
- Mirtl M., Orenstein D. E., Wildenberg M., Peterseil J., Frenzel M. (2013): Development of LTSE Platforms in LTER Europe: Challenges and Experiences in Implementing Place-Based Long-Term Socio-ecological Research in Selected Regions. In: Singh, Simron J., Haberl H., Chertow M., Mirtl M., Schmid M. (eds.). *Long-Term Socio-Ecological Research. Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 29–52.
- Newig J., V. Gaube, K. Berkhoff, K. Kaldrack, B. Kastens, J. Lutz, B. Schlusmeier, H. Adensam and H. Haberl (2008): The Role of Formalisation, Participation and Context in the Success of Public Involvement Mechanisms in Resource Management. *Systemic Practice and Action Research*, 21: 423–441.
- Newton, A.C. (2011). Implications of Goodhart's Law for monitoring global biodiversity loss. *Conservation Letters*, Volume 4, Issue 4, pages 264–268. ISSN 1755-263X, doi: 10.1111/j.1755-263X.2011.00167.x
- NRC – National Research Council (2001): *Basic Research Opportunities in Earth Science*. Committee on Basic Research Opportunities in the Earth Sciences, Board on Earth Sciences and Resources, National Research Council. Academies Press. ISBN: 0-309-56988-5, 168 pages. URL: <http://www.nap.edu/catalog/9981.html>.
- Österreichische Bundesregierung (2011): Potenziale ausschöpfen, Dynamik steigern, Zukunft schaffen - Der Weg zum Innovation Leader. Strategie der Bundesregierung für Forschung, Technologie und Innovation. Republik Österreich, 2011. URL: http://www.bmvit.gv.at/bmvit/service/publikationen/innovation/forschungspolitik/fti_strategie.html
- Pamminger-Lahnsteiner, B. (2011) Conservation of natural biological resources in Austria: ecological-, morphological- and genetic analysis of European Whitefish (*Coregonus lavaretus* L. complex). Paris Lodron University Salzburg, 155pp.
- Pamminger-Lahnsteiner, B., Winkler, K., Weiss, S., and Wanzenböck, J. (2012): Does segregated spawning time prevent the introgression of stocked whitefish species into native species? A morphometric and genetic study in Mondsee (Austria). *Fundamental and Applied Limnology, Advanc. Limnol.* 63: 197–208
- Parris T. M. and R. W. Kates (2003a): Characterizing a sustainability transition: Goals, targets, trends, and driving forces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100: 8068–8073.
- Parris T. M. and R. W. Kates (2003b): Characterizing and Measuring Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources*, 28: 559–586.
- Pascher, K. & Gollmann, G. (1999): Ecological risk assessment of transgenic plant releases: an Austrian perspective. *Biodiversity and Conservation*, Vol. 8, No. 8, (August 1999), pp. 1139–1158, ISSN 0960-3115
- Pascher, K.; Moser, D.; Dullinger, S.; Sachslehner, L.; Gros, P.; Sauberer, N.; Traxler, A.; Grabherr, G. & Frank, T. (2011). Setup, efforts and practical experiences of a monitoring program for genetically modified plants – An Austrian case study for oilseed rape and maize. *Environmental Sciences Europe*, Vol.13 (March, 2011), pp. 1–12, ISSN 2190-4715
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, Ch., Grabherr, G. (2007): Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations 1994-2004 at the GLORIA* master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13: 147–156.
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Dullinger, S.; Abdaladze, O.; Akhalkatsi, M.; Alonso, J. L. B.; Coldea, G.; Dick, J.; Erschbamer, B.; Fernandez Calzado, R.; Goshn, D.; Holten, J. I.; Kanka, R.; Kazakis, G.; Kollár, J.; Larsson, P.; Moiseev, P.; Moiseev, D.; Molau, U.; Molero Mesa, J.; Nagy, L.; Pelino, G.; Púscas, M.; Rossi, G.; Stanisci, A.; Syverhuset, A. O.; Theurillat, J.-P.; Thomasselli, M.; Unterlugauer, P.; Villar, L.; Vittoz, P.; Grabherr, G. (2012): Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science*, Vol. 336, pp. 353–355.
- Pérez, M. T. and Sommaruga, R. (2011): Temporal changes in the dominance of major planktonic bacterial groups in an alpine lake: discrepancy with their contribution to bacterial production. 2011, *Aquatic Microbial Ecology* 63: 161–170.
- Platform for Biodiversity Research in Austria (2008). Plattform Biodiversität Forschung Austria (BdFA): Tätigkeitsbericht Mai 2008 für das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BWF). University of Vienna, Vienna, Austria, 14.05.2011, Available from http://131.130.59.133/biodiv_forschung/Texte/Bericht_Bioplattform_200805_complete.pdf
- Prevosto, B., Kuiters, L., Bernhardt-Römermann, M., Dölle, M., Schmidt, W., Hoffmann, M., Uytvanck, J., Bohner, A., Kreiner, D., Stadler, J., Klotz, S., Brandl, R. (2011). Impacts of land abandonment on vegetation: successional pathways in European habitats. *Folia Geobot* 46, 303–325.
- Pröll G, Dullinger S, Dirnböck, T, Kaiser Ch, Richter A (2011). Effects of nitrogen on tree recruitment in a temperate montane forest as analysed by measured variables and Ellenberg indicator values. *Preslia* 83: 111–127.
- Pyšek, P.; Jarosik, V.; Hulme, P.; Kühn, I.; Wild, J.; Arianoutsou, M.; Bacher, S.; Chiron, F.; Didziulis, V.; Essl, F.; Genovesi, P.; Gherardi, F.; Hejda, M.; Kark, S.; Lambdon, P.W.; Desprez-Loustau, A.-M.; Nentwig, W.; Pergl, J.; Poboljsaj, K.; Rabitsch, W.; Roques, A.; Roy, D.; Shirley, S.; Solarz, W.; Vilá, M. & Winter, M. (2010). Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 107, No. 27, (June, 2010), pp. 12157–12162, ISSN 1091-6490
- Raso, L., Sint, D., Mayer, R., Plangg, S., Recheis, T., Brunner, S., Kaufmann, R. and Traugott, M. (2014), Intraguild predation in pioneer predator communities of alpine glacier forelands. *Molecular Ecology*, 23: 3744–3754.
- Redman C. L., J. M. Grove, and L. H. Kuby (2004): Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change. *Ecosystems*, 7: 161–171.
- Reyers, B.; Roux, D.J.; Cowling, R.M.; Ginsburg, A.E.; Nel, J.L. & Farrel, P.O. (2010): Conservation Planning as a Transdisciplinary Process. *Conservation Biology*, Vol. 24, No. 4 (August, 2010), pp. 957–965, ISSN 1523-1739
- Rinnhofer, L.J.; Roúra-Pascual, N.; Arthofer, W.; Dejacó, T.; Wachter, G. A.; Thaler-Knoflach, B.; Christian, E.; Steiner, F.M.; Schlick-Steiner, B.C. (2012): Iterative species distribution modelling and ground validation in endemism research: an Alpine jumping bristletail example. *Biodivers Conserv* 21: 2845–2863.
- Sachs J.D., Baillie J.E., Sutherland W.J., Armsworth, P.R., Ash, N., Beddington, J., Blackburn, T.M., Collen, B., Gardiner, B., Gaston, K.J., Godfray, H.C.J., Green, R.E., Harvey, P.H., House, B., Knapp, S., Kumpel, N.F., Macdonald, D.W., Mace, G.M., Mallet, J., Matthews, A., May, R.M., Petchey, O., Purvis, A., Roe, D., Safi, K., Turner, K., Walpole, M., Watson, R., Jones, K.E. (2009): Biodiversity Conservation and the Millennium Development Goals. *Science* 325: 1502–1503.
- Schindler S, Sebesvari Z, Damm C, Euller K, Mauerhofer V, Hermann A, Biró M, Essl F, Kanka R, Laawars SG, Schulz-Zunkel C, van der Sluis T, Kropik M, Gasso V, Krug A, Pusch M, Zulká KP, Lazowski W, Hainz-Renetzeder C, Henle K, Wrba T (2014) Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. *Landscape Ecology*, in press. doi: 10.1007/s10980-014-9989-y

- Schindler S, von Wehrden H, Poirazidis K, Wrba T, Kati V (2013) Multiscale performance of landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. *Ecological Indicators* 31, 41–48.
- Schindler, S.; Curado, N.; Nikolov, S.; Kret, E.; Cárcamo, B.; Poirazidis, K.; Catsadorakis, G.; Wrba, T. & Kati, V. (2011). From research to implementation: nature conservation in the Eastern Rhodopes mountains (Greece and Bulgaria), European Green Belt. *Journal for Nature Conservation*, Vol.19, No.4 (September, 2011), pp. 193–201, ISSN 1617-1381, doi: 10.1016/j.jnc.2011.01.001
- Schirpke U, Leitinger G, Tasser E, Schermer M, Steinbacher M, Tappeiner U (2013) Multiple ecosystem services of a changing Alpine landscape: past, present and future. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 9(2), 123–135.
- Schwienbacher, E., Navarro-Cano, J.A., Neuner, G., Erschbamer, B. (2011a): Correspondence of seed traits with niche position in glacier foreland succession. *Plant Ecology*, 213: 371–382.
- Schwienbacher, E., Navarro-Cano, J.A., Neuner, G., Erschbamer, B. (2011b): Seed dormancy in alpine species. *FLORA*, 206: 845–856.
- Singh, S.J.; Haberl, H.; Chertow, M.; Mirtl, M. & Schmid, M. (Eds.) (2013): Long term socio-ecological research: Studies in society-nature interactions across spatial and temporal scales. Springer, ISBN 978-94-007-1176-1, Dordrecht, The Netherlands.
- Singh, S.J.; Haberl, H.; Gaube, V.; Grünbühl, C.M.; Lisievoli, P.; Lutz, J.; Matthews, R.; Mirtl, M.; Vadineanu, A. & Wildenberg, M. (2010). Conceptualising Long-Term Socio-ecological Research (LTSE): Integrating the Social Dimension. In: Long-term ecological research: between theory and application. F. Müller, C. Baessler, H. Schubert & S. Klotz (Eds.) Springer, pp. 377–398, ISBN 978-90-481-8781-2, Dordrecht, The Netherlands.
- Sonntag, B., Summerer, M., and Sommaruga, R. (2011) Are freshwater mixotrophic ciliates less sensitive to solar UV radiation than heterotrophic ones? *Journal of Eukaryotic Microbiology* 58 (3): 196–202.
- Steffen W., J. Jäger, D. J. Carson, and C. Bradshaw (2002): *Challenges of a Changing Earth*, Springer, Berlin.
- Stötter J. and M. Coy (2008): *Forschungsschwerpunkt „Globaler Wandel – regionale Nachhaltigkeit“*. Innsbrucker Jahresbericht (2008): Innsbruck, pp. 203–221.
- Sutherland W.J., Clout, M., Côté, I.M., Daszak, P., Depledge, M.H., Fellman, L., Fleishman, E., Garthwaite, R., Gibbons, D.W., De Lurio, J., Impey, A.J., Lickorish, F., Lindenmayer, D., Madgwick, J., Margerison, C., Maynard, T., Peck, L.S., Pretty, J., Prior, S., Redford, K.H., Scharlemann, J.P.W., Spalding, M., Watkinson, A.R. (2010). A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends in Ecology & Evolution* 25(1): 1–7.
- Sutherland, W.J.; Armstrong-Brown, S.; Armsworth, P.R.; Brereton, T.; Brickland, J.; Campell, C.D.; Chamerlain, D.E.; Cooke, A.I.; Dulvy, N.K.; Dusic, N.R.; Fitton, M.; Freckleton, R.P.; Godfray, H.C.J.; Grout, N.; Harvey, H.J.; Hedley, C.; Hopkins, J.J.; Kift, N.B.; Kirby, J.; Kunin, W.E.; MacDonald, D.W.; Marker, B.; Naura, M.; Neale, A.R.; Oliver, T.; Osborn, D.; Pullin, A.S.; Shardlow, E.A.; Showler, D.A.; Smith, P.L.; Smithers, R.J.; Solandt, J.-L.; Spencer, J.; Spray, C.J.; Thomas, C.D.; Thompson, J.; Webb, S.E.; Yalden, D.W. & Watkinson, A.R. (2006): The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 43, No. 4, (August 2006), pp. 617–627, ISSN 1365-2664
- Sutherland, W.J.; Aveling, L.; Brooks, T.M.; Clout, M.; Dicks, L.V.; Fellman, L.; Fleishman, E.; Gibbons, D.W.; Keim, B.; Lickorish, F.; Monk, K.A.; Mortimer, D.; Peck, L.S.; Pretty, J.; Rockström, J.; Rodríguez, J.P.; Smith, R.K.; Spalding, M.D.; Tonneijck, F.H.; Watkinson, A.R. (2014): A horizon scan of global conservation issues for 2014. *TREE volume 29 issue 1*, pp. 15–22.
- Tappeiner, U.; Borsdorf, A.; Bahn, M. (2013). Long-Term Socio-Ecological Research in Mountain Regions: Perspectives From the Tyrolean Alps. In: Singh SJ, Haberl H, Chertow M, Mirtl M, Schmid, M. (Eds.), *Long Term Socio-Ecological Research Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales*, Series: Human-Environment Interactions, Vol. 2, Springer, 505–525.
- Tasser, E.; Sternbach, E., Tappeiner, U. (2008): Biodiversity indicators for sustainability monitoring at municipality level: an example of implementation in an alpine region. *Ecological Indicators*, Vol. 8, No. 3 (May 2008), pp. 204–223, ISSN 1470-160X
- TEEB (2009): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers – Summary: Responding to the Value of Nature 2009*. <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=14Y2nqqliCg%3d&tabid=1019&language=en-US>
- TEEB (2010): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. <http://www.teebweb.org/publication/mainstreaming-the-economics-of-nature-a-synthesis-of-the-approach-conclusions-and-recommendations-of-teeb/>
- Thies H., Tolotti M., Nickus U., Lami A., Musazzi S., Guilizzoni P., Rose N.L., Yang H. (2012). Interactions of temperature and nutrient changes: effects on phytoplankton in the Piburger See (Tyrol, Austria). *Freshwater Biology* 57, 2057–2075.
- Tittensor, D.P.; Walpole, M.; Hill, S.L.L.; Boyce, D.G.; Britten, G.L.; Burgess, N.D.; Butchart, S.H.M.; Leadley, P.W.; Regan, E.C.; Alkemade, R.; Baumung, R.; Bellard, C.; Bouwman, L.; Bowles-Newark, N.J.; Chenery, A.M.; Cheung, W.W.L.; Christensen, V.; Cooper, H.D.; Crowther, A.R.; Dixon, M.J.R.; Galli, A.; Gaveau, V.; Gregory, R.D.; Gutierrez, N.L.; Hirsch, T.L.; Höft, R.; Januchowski-Hartley, S.R.; Karmann, M.; Krug, C.B.; Leverington, F.J.; Loh, J.; Kutsch Lojenga, R.; Malsch, K.; Marques, A.; Morgan, D.H.W.; Mumby, P.J.; Newbold, T.; Noonan-Mooney, K.; Pagad, S.N.; Parks, B.C.; Pereira, H.M.; Robertson, T.; Rondinini, C.; Santini, L.; Scharlemann, J.P.W.; Schindler, S.; Sumaila, U.R.; The, S.L.S.; van Kolck, J.; Visconti, P.; Ye, Y. (2014): A mid-term analysis of progress towards international biodiversity targets. *Science* 346 (6206): 241–244.
- Tolotti M., Thies H., Nickus U., Psenner R. (2012). Temperature modulated effects of nutrients on phytoplankton in a mountain lake. *Hydrobiologia* 698: 61–75.
- Turner B. L., R. E. Kasperson, P. A. Matson, J. J. McCarthy, R. W. Corell, L. Christensen, N. Eckley, J. X. Kasperson, A. Luers, M. L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher, and A. Schiller, (2003a): A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100: 8074–8079.
- Vadineanu, A. (2004): *Adaptive management of socio-ecological complexes: An ecosystem approach*. Bucharest University Press: Bucharest.
- Walpole, M.; Almond, R.E.A.; Besancon, C.; Butchart, S.H.M.; Campbell-Lendrum, D.; Carr, G.M.; Collen, B.; Collette, L.; Davidson, N.C.; Dulloo, E.; Fazel, A.M.; Galloway, J.N.; Gill, M.; Goverse, T.; Hockings, M.; Leaman, D.J.; Morgan, D.H.W.; Revenga, C.; Rickwood, C.J.; Schutysse, F.; Simons, S.; Stattersfield, A.J.; Tyrrell, T.D.; Vié, J.-C. & Zimsky, M. (2009): Tracking progress towards the 2010 Biodiversity Target and beyond. *Science*, Vol. 325, No. 5947 (September 2009), pp. 1503–1504, ISSN 0036-8075
- Wanzenböck, J., Pamminer-Lahnsteiner, B., Winkler, K., and Weiss, S. (2012) Experimental evaluation of the spawning periods in a native Alpine whitefish population versus an introduced population of whitefish (*Coregonus lavaretus* complex) in Mondsee, Austria. *Fundamental and Applied Limnology, Advanc. Limnol.* 63: 89–97
- WBGU (2007): *Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel*, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU), Berlin.
- Winiwarter V. and M. Knoll, (2007): *Umweltgeschichte. Eine Einführung*, Böhlau, Köln.
- Winkler, K., Pamminer-Lahnsteiner, B., Wanzenböck, J., Weiss, S. (2011) Hybridization and restricted gene flow between native and introduced stocks of Alpine whitefish (*Coregonus* sp.) across multiple environments. *Molecular Ecology* 20 (3): 456–472. doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04961.x
- Wolfgram, G., Donabum, K., Schagerl, M., & Kowarc, V.A. (1999): The zoobenthic community of shallow salt pans in Austria - preliminary results on phenology and the impact of salinity on benthic invertebrates. *Hydrobiologia*, 408, 193-202.
- Wrba, T., Erb, K.-H., Schulz, N.B., Peterseil, J., Hahn, C., Haberl, H., (2004): Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. *Land Use Policy* 21, 289–306.
- Wrba, T.; Schindler, S.; Pollheimer, M.; Schmitzberger, I. & Peterseil, J. (2008): Impact of the Austrian Agri-Environmental Scheme on diversity of landscape, plants and birds. *Community Ecology*, Vol. 9, No. 2 (December 2008), pp. 217–227, ISSN 1585-8553
- Zechmeister, H. G., Dirnböck T., Hülber K, Mirtl M (2007): Assessing airborne pollution effects on bryophytes – lessons learned through long-term integrated monitoring in Austria. *Environmental Pollution* 147: 696–705.
- Zechmeister, H. G. (2004): The bryophyte vegetation of the Natura 2000 Area Neusiedler See, with an emphasis on the saline meadows of the Seewinkel-area (Austria). *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich* 141: 43–62.
- Zechmeister, H. G. (2005): Bryophytes of continental salt meadows in Austria. *Journal of Bryology* 27: 297–302.
- Zimmermann-Timm, H., & Herzig, A. (2006): Ciliates and flagellates in shallow saline pans within the area of the Nationalpark Neusiedler See/Seewinkel, Austria. In: J. Jones (Ed.), *International Association of Theoretical and Applied Limnology*, Vol. 29, Pt. 4, Proceedings (pp. 1940–1946). Stuttgart: E Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Zulka, K.P., Milasowsky, N., & Lethmayer, C. (1997): Spider biodiversity potential of an ungrazed and a grazed inland salt meadow in the National Park "Neusiedler See-Seewinkel" (Austria): Implications for management (Arachnida: Araneae). *Biodiversity and Conservation*, 6, 75–88.

RAUM FÜR NOTIZEN

DANKSAGUNG

Das LTER-Austria White Paper ist das Ergebnis der Zusammenarbeit von Expertinnen und Experten verschiedenster Disziplinen und Institutionen, die im komplexen Arbeitsfeld der ökologischen Langzeitforschung in den unterschiedlichsten Tätigkeitsbereichen aktiv sind.

An dieser Stelle möchten wir den folgenden Kolleginnen und Kollegen, die zum LTER-Austria White Paper 2015 beigetragen haben, Danke sagen:

Stefanie Belharte, Thomas Hein, Harald Pauli, Nikolaus Schallhart, Ruben Sommaruga und Steffen Zacharias.

Unser Dank gilt auch der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, ohne deren finanzielle Unterstützung die Produktion des LTER-Austria White Paper 2015 nicht möglich gewesen wäre.

IMPRESSUM

LTER-Austria Schriftenreihe, Vol. 2
Wien, Februar 2015

Empfohlene Zitierung:

Mirtl M., Bahn M., Battin T., Borsdorf A., Dirnböck T., Englisch M., Erschbamer B., Fuchsberger J., Gaube V., Grabherr G., Gratzner G., Haberl H., Klug H., Kreiner D., Mayer R., Peterseil J., Richter A., Schindler S., Stocker-Kiss A., Tappeiner U., Weisse T., Winiwarter V., Wohlfahrt G., Zink R. (2015): Forschung für die Zukunft – LTER-Austria White Paper 2015 zur Lage und Ausrichtung von prozessorientierter Ökosystemforschung, Biodiversitäts- und Naturschutzforschung sowie sozio-ökologischer Forschung in Österreich.

LTER-Austria Schriftenreihe, Vol. 2 ISBN 978-3-9503986-0-1

<http://www.lter-austria.at>

Im Text: Mirtl et al. 2015

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks, der Herstellung von Mikrofilmen und der photomechanischen Wiedergabe vorbehalten.

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:

LTER-Austria: Österreichische Gesellschaft für Ökologische Langzeitforschung
c/o Institut für Soziale Ökologie, Schottenfeldgasse 29, A-1070 Wien

Grafik Design: Ursula Nasswetter, Wien

Bildnachweis: Helmut Haberl, IFF; Fotolia, LTSEr Obergurgl

Druck: Bernsteiner Druckservice Ges.m.b.H., Wien

Gefördert durch die Österreichische Akademie der Wissenschaften.

Druck- und Satzfehler vorbehalten.

ISBN (dt.) 978-3-9503986-0-1

© 2015, LTER-Austria





**FORSCHUNG FÜR
DIE ZUKUNFT**

LTER-AUSTRIA WHITE PAPER 2015

Österreichische Gesellschaft für
ökologische Langzeitforschung



ISBN 978-3-9503986-0-1

8.3 GLOSSARY

ALTER-Net - FP6 Network of Excellence, which facilitated the development of LTER-Europe. Now a self-financing network of 27 institutions in the field of biodiversity & ecosystems research

AnaEE - ESFRI preparatory project on a RI for ecosystem experimentation

Belmont Forum - High level group of the world's major and emerging funders of global environmental change research and international science councils

BiodivERsA - Network of national funding organisations promoting pan-European research for the conservation and sustainable management of biodiversity (ERA-NET)

BioFresh - The Global Freshwater Biodiversity Information Platform

BISE - Biodiversity Information System for Europe (single entry point for data on biodiversity)

CLRTAP - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution in the UNECE

Copernicus - Global Monitoring for Environment and Security programme (remote sensing)

CRITEX - National network for the spatial and temporal study of the French Critical Watershed Zone

CSW - Catalogue Service Web (OGC Standard); service based publishing of metadata

CZ, CZO - Critical Zone concept; CZ research sites are Critical Zone Observatories

DataONE - Data Observation Network for Earth (US)

DEIMS - Drupal Ecological Information Management System operated by ILTER and LTER-Europe and providing a web client interface for documenting metadata and data from research sites

DMP - Data Management Plan

DOI - Digital Object Identifier (ISO 26324)

EcoPAR - Interactive web tool "Parameters and Methods for Ecosystem Research & Monitoring"

ECSA - European Citizen Science Association

EEA - European Environment Agency

EEF - European Ecological Federation

EF - INSPIRE data theme Environmental Monitoring Facility

EFI - European Forest Institute

EGI - European Grid Infrastructure

eLTER Site - Site within the LTER infrastructure pool, which contributes to eLTER

eLTER DIP - eLTER Data Integration Platform, providing interoperable data from different data nodes

eLTER DN - eLTER Data Node, the IT infrastructure providing service-based access to metadata and data

eLTER-S2 - eLTER Software Suite, the set of tools and services needed to set up an eLTER Data Node

EMBRC - European Marine Biological Resource Centre

EMEP - European Monitoring and Evaluation Programme (belongs to CLRTAP)

EML - Ecological Metadata Language, a standard metadata schemata for observation data

EnvEurope - European Life+ Project "Environmental quality and pressures assessment across Europe: the LTER network as an integrated and shared system for ecosystem monitoring"

ENVRI, ENVRI+ - FP7 project "Common Operations of Environmental Research infrastructures", a collaboration in the ESFRI Environment Cluster. ENVRI+ might be a successor under H2020

EnvThes - Environmental Thesaurus. A multilingual thesaurus developed in the framework of the projects Life + EnvEurope and ExpeER

EPBRS - European Platform for Biodiversity Research Strategy

ERA - European Research Area

ERIS - Environmental Research Infrastructures Strategy (a product of ENVRI)

ESFRI, ESFRI ENV - European Strategy Forum on Research Infrastructures. ESFRI ENV concerns environmental research

EU NEC directive - Proposal for a directive on National Emission Ceilings

EUBON - European Biodiversity Observation Network (FP7)

EUDAT - European Collaborative Data Infrastructure (FP7)

ExpeER - A major European Infrastructure project (2010-2014) in ecosystem research

FOAF - Friend of a Friend (FOAF) metadata schemata

GEO BON - Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network (part of GEOSS)

GIS - Geographic Information Systems

GLEON - Global Lake Ecological Observatory Network

GLORIA - Global observation network for climate change impact in high alpine areas

ICOS - Integrated Carbon Observation System. An ESFRI research infrastructure

ICP - International Co-operative Programs of the UNECE/CLRTAP. Specific monitoring programs are ICP Forests; ICP Integrated Monitoring of Ecosystems, ICP Vegetation

ILTER - International Long Term Ecosystem Research network

INCREASE - Integrated Network on Climate Research (FP7I3, experimentation)

INNGE - International Network of Next Generation Ecologists

INSPIRE - EU Directive, and aims to create an EU spatial data infrastructure

INTERACT - International Network for Terrestrial Research and Monitoring in the Arctic (FP7 RI)

IPBES - International Panel on Biodiversity and Ecosystem Services

IPCC - International Panel on Climate Change

IPR - Intellectual Property Rights

IS-ENES - RI of the European Network for Earth System Modeling

Jerico - Joint European Research Infrastructure Network For Coastal Observatories (FP 7)

JRA - Joint Research Activities

JRC - Joint Research Centre, the European Commission's in-house science service

LifeWatch - European e-Science infrastructure for biodiversity and ecosystem research

LTER Infrastructure - The integrated ecosystem research infrastructure to be established by eLTER

LTER infrastructure pool - The pool of long-term ecosystem research infrastructures on which eLTER builds (LTER-Europe network plus Critical Zone Observatory sites)

LTER Site - Natural scientific research sites of LTER-Europe

LTSER Platform - Regional infrastructure for socio-ecological research (of the LTER-Europe)

LTER-Europe - European Long-Term Ecosystem Research Network, consisting of 21 formal national LTER networks and representing Europe as ILTER regional group

MD - Metadata

M&T - Mobility and Training

NA - Networking Activity

NEON - National Ecological Observatory Network, USA

OGC - Open Geospatial Consortium. 481 companies collaborating on interface standards

RCM - Regional Climate Model

RDA - Research Data Alliance

RI - Research Infrastructure

SensorML - Sensor Model Language (OGC Standard)

SoilTrEC - Soil Transformations in European Catchments (FP7 project)

SOP - Standard Operating Procedure

SOS - Sensor Observation Service (OGC Standard)

SWE - Sensor Web Enablement (OGC Standard)

TA - Transnational Access (in-person)

TERENO – Integrated “Terrestrial Environmental Observatories”, Germany

TERN - Terrestrial Ecosystem Research Network, Australia

TSAP - Thematic Strategy on Air Pollution

UNECE - United Nations Economic Commission for Europe

VA - Virtual Access

VRI - Virtual Research Infrastructure

WP, WPs - Work Package, Work Packages

WFS - Web Feature Service (OGC Standard)

WMS - Web Map Service (OGC Standard)

W3C - World Wide Web Consortium; standardization organization

8.4 MEMORANDUM OF COOPERATION BETWEEN LIFEWATCH AND LTER-EUROPE



MEMORANDUM OF COOPERATION

Between LTER-Europe and LifeWatch

1. Introduction

This Memorandum of Cooperation (MoC) provides the basis for the Long-term Ecosystem Research network Europe (LTER-Europe) and LifeWatch (hereinafter 'the Parties') to collaborate together to develop and share infrastructure and information, in order to further their respective mandates.

As both Parties comprise membership from countries and organizations, and mandates from these memberships to develop relevant operational partnerships, it is envisaged that the conditions of this MoC will apply to the coordinating facilities of both Parties as well as their joint and respective memberships. As such, reference to the Parties (i.e. 'LTER-Europe' and 'LifeWatch') incorporates the full organisational memberships respectively.

2. The Parties

The Long-term Ecosystem Research Network is a network of about 250 Long-term Ecosystem Research Sites and about 30 Long-term Socio-ecological Research Platforms. The mission of LTER-Europe is to investigate across Europe's environmental gradients the drivers of major ecosystem types and socio-ecological systems and how changes affect ecosystem services. The distributed infrastructure is currently organized in 21 formal national LTER networks and contributing to the global umbrella network (International Long-term Ecological Research Network, ILTER). The conceptual pillars of LTER-Europe are "in-situ", long-term, process orientation and system approaches at different scales from plots to entire catchments studies. Data legacies and all issues related to the management and analysis of distributed data sources form an integral part of the infrastructure.

LifeWatch is becoming a consortium of European States and supporting scientific networks operating a research infrastructure for biodiversity and ecosystem research. The mission of LifeWatch is to construct and operate a distributed information management and analytical infrastructure for biodiversity and ecosystem science based upon Europe-wide strategies implemented at the local level: individuals, research groups, institutions, countries. Its objective is to accelerate scientific progress and societal use of such science by operating facilities for the integration, analysis and modelling of data, allowing users to build virtual collaborative environments for their specific modelling and analysis purposes. The LifeWatch Architecture, as described by the LifeWatch Reference Model (LifeWatch-RM) is the technical basis of European strategies for local implementation.

3. Objective of this Memorandum of Cooperation (MoC)

The services of LifeWatch to users are depending on a number of data generating facilities, including LTER-Europe. In turn, LTER-Europe organisations are potential users of the LifeWatch research infrastructure. Both benefit from cooperative developments, including data sharing and transfer, data standards and protocols, semantic capabilities, and supporting software.

The objective of this MoC is to formalise a framework for co-operative and collaborative work between LTER-Europe and LifeWatch initiatives while recognising their respective independent yet complementary missions as summarized under article 2 above.

Cooperative activities include:

- a. promotion of a common, free and open access data and software policy;
- b. fostering interoperability of facilities by cooperation towards a service oriented architecture for which the LifeWatch Reference Model may serve a guidance;
- c. fostering the use of common standards and protocols;
- d. development of joint demand-driven data discovery and mobilisation plans involving LTER-Europe partners and LifeWatch National Centres;
- e. ensuring the interoperability of the LTER-Europe architecture and the LifeWatch architecture.
- f. identifying and implementing collaborative projects of value to both organizations;
- g. establishing a mechanism to secure the continued maintenance and improvement of cooperation to meet common goals;
- h. developing joint thematic or training workshops and other meetings where appropriate, both at the European and national levels;
- i. promoting the participation of European countries in both Parties by encouraging a close interaction of national LTER network offices and LifeWatch national Centres;
- j. ensuring frequent two-way communication between the Parties on activities and joint publicity to audiences in support of these cooperative activities.

Specific agreed activities may be drafted as Addenda to this MoC with details, including personnel, funds and objectives captured on a case-by-case basis.

4. Conditions of Use

Both Parties agree that they will clearly label the source of all content and require users to indicate those sources in any subsequent re-use. Each Party agrees to fully acknowledge the other (verbally and by including logos) when citing or promoting jointly developed products.

5. Amendments and Modifications

Either Party may recommend amendments to this Memorandum of Cooperation by notifying the other Party in writing and, with the subsequent agreement of the other Party, then implementing those amendments.

Notwithstanding the foregoing, both Parties undertake to jointly review and revise (as necessary) this Memorandum of Cooperation two years after it comes into force.

6. Non-exclusive Agreement

This Memorandum of Cooperation is non-exclusive, and in no way restricts either LTER-Europe or LifeWatch from participating in similar activities or arrangements with other public or private initiatives, organizations, or individuals.

For LTER-Europe:



Date: 4.8.2014

Michael Mirtl
(Chair of LTER-Europe)

For LifeWatch:



Date: 8-8-2014

Benjamin Sanchez Gimeno
(Chair of the LifeWatch Board of Directors)

9 LITERATURE

- Adams W. M., D. Brockington, J. Dyson, and B. Vira, (2003): Managing Tragedies: Understanding Conflict over Common Pool Resources. *Science*, 302: 1915–1916.
- Arthofer, W.; Rauch, H.; Thaler-Knoflach, B.; Moder, K.; Muster, C.; Schlick-Steiner, B.C.; Steiner, F.M. (2013): How diverse is *Mitopus morio*? Integrative taxonomy detects cryptic species in a small-scale sample of a widespread harvestman. *Molecular Ecology* 22/14, S. 3850–3863.
- Balian, E.V.; Berhault, A.; Rode, J.; Schindler, S. & Sharman, M. (2011): Report of the Positive Visions for Biodiversity Summit: the 2010 European Platform for Biodiversity Research Strategy (EPBRS) meeting under the Belgian Presidency of the European Union. EPBRS, Brussels. 14.05.2011. Available from: <http://www.positivevisionsforbiodiversity.org/pg/file/read/2952/report-of-the-positive-visions-for-biodiversity-summit>
- BDFA (2008): Plattform Biodiversität Forschung Austria (BDFA): Tätigkeitsbericht Mai 2008 für das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BWF). Universität Wien, Austria, 74 pp.
- Becker E. and T. Jahn, (2006): Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen, Campus, Frankfurt. Blaikie P., T. Cannon, I. Davis, and B. Wiesner, (1994): At risk - Natural hazards, people's vulnerability, and disasters, Routledge, London.
- Benken, T. and R. Raab (2008): Odonata of the 'Seewinkel' at Lake Neusiedl, Austria: Frequency, population trends, and how endangered they are. *Libellula* 27(3-4): 191–220.
- Bohle H. G. and T. Glade, (2007): Vulnerabilitätskonzepte in Sozial- und Naturwissenschaften. In: C Felgentreff and T Glade (Editors), *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 99–200.
- Boyd, J., Banzhaf, S. (2007): What Are Ecosystem Services? The Need for Standardized Environmental Accounting Units. *Ecological Economics* 63 (2–3): 616–626.
- Cichini, K., Schwenbacher, E., Marcante, S., Seiber, G., Erschbamer, B. (2011): Colonization of experimentally created gaps along an alpine successional gradient. *Plant Ecology*, 212: 1613–1627.
- Collins, S.L., Carpenter SR, Swinton SM, Orenstein DE, Childers DL, Gragson TL, Grimm NB, Grove JM, Harlan SL, Kaye JP, Knapp AK, Kofinas GP, Magnuson JJ, McDowell WH, Melack JM, Ogden LA, Robertson GP, Smith MD, Whitmer AC (2011): An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research. *Front Ecol Envir*. Vol. 9, 351–357.
- COM (2011) Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020, Brussels. COM 244, 2011. http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/pdf/2020/1_EN_ACT_part1_v7%5B1%5D.pdf
- Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.S.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.; Paruelo, J.; Raskins, R.; Sutton, B. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, Vol.387, No.6630, (May 1997), pp. 253–260, ISSN 0028-0836
- Daily, G. (1997): *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington DC.
- De Groot, R.S.; Wilson, M.A. & Boumans, R.M.J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, Vol.41, No.3, (June 2002), pp. 393–408, ISSN 0921-8009
- Dietz T., E. Ostrom, and P. C. Stern, (2003): The Struggle to Govern the Commons. *Science*, 302: 1907–1912.
- Dirnböck, T.; Bezák, P.; Dullinger, S.; Haberl, H.; Lotze-Campen, H.; Mirtl, M.; Peterseil, J.; Redpath, S.; Singh, S.; Travis, J. & Wijdeven, S.M.J. (2013). Critical scales for integrated biodiversity research. In: Long term socio-ecological research: Studies in society-nature interactions across spatial and temporal scales. S.J. Singh, H. Haberl, M. Chertow, M. Mirtl & M. Schmid (Eds.) Springer, pp. 123-138, ISBN 978-94-007-1176-1
- Dirnböck, T.; Essl, F. & Rabitsch, W. (2011). Disproportional extinction risk of high-altitude endemic species under climate change. *Global Change Biology*, Vol.17, No.2 (February 2011), pp. 990-996, ISSN 1365-2486
- Dirnböck, T.; Grandin, Ulf; Bernhardt-Römermann, M.; Beudert, B.; Canullo, R.; Forsius, M.; Grabner, M-T; Holmberg, M.; Kleemola, S.; Lundin, L.; Mirtl, M.; Neumann, M.; Pompei, E.; Salemaa, M.; Starlinger, F.; Staszewski, T.; Uziębło, AK (2014). Forest floor vegetation response to nitrogen deposition in Europe. *Global Change Biology* 20: 429–440.
- Diwold K; Dullinger S; Dirnböck, T (2010). Effect of nitrogen availability on forest understorey cover and its consequences for tree regeneration in the Austrian limestone Alps. *Plant Ecology* 209: 11–22.
- Dressel Gert, Wilhelm Berger, Katharina Heimerl, Verena Winiwarter (Hg.), (2014): *Interdisziplinär und transdisziplinär forschen. Praktiken und Methoden*. Bielefeld: transcript Verlag ISBN: 978-3-8376-2484-7.
- Dullinger S.; Essl F.; Rabitsch W.; Erb, K.-H.; Gingrich, S.; Haberl, H.; Hülber, K.; Jarošík, V.; Krausmann, F.; Kühn, I.; Pergl, J.; Pyšek, P.; Hulme, P.E. (2013) Europe's other debt crisis caused by the long legacy of future extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 110, pp. 7342-7347, ISSN 00278424
- EEA (2007). European Environment Agency Report No. 11. Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe. Copenhagen, Denmark, 14.05.2011, Available from http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_11
- EEA 2007 – EEA. (2007): Europe's Environment. The Fourth Assessment. European Environment Agency, Copenhagen.
- Ehlers E., (2008): *Das Anthropozän, Wissenschaftliche Buchgemeinschaft, Darmstadt*.
- Ehrlich, P.R. & Pringle, R.M. (2008). Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol.105, Supplement 1 (August 2008), pp. 11579–11586, ISSN 1091-6490
- Elith, J.; Graham, C.H.; Anderson, R.P.; Dudík, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J.R.; Lehmann, A.; Li, J.; Lohmann, L.G.; Loiselle, B.A.; Manion, G.; Moritz, C.; Nakamura, M.; Nakazawa, Y.; Overton, J.M.C.; Peterson, A.T.; Phillips, S.J.; Richardson, K.S.; Scachetti-Pereira, R.; Schapire, R.E.; Soberón, J.; Williams, S.; Wisz, M.S. & Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, Vol.29, No.2 (April, 2006), pp. 129-151, ISSN 1600-0587
- Engler, R.; Randin, C.; Thuiller, W.; Dullinger, S.; Zimmermann, N.E.; Araújo, M.B.; Pearnan, P.B.; Le Lay, G.; Piédallu, C.; Albert, C.H.; Choler, P.; Coldea, G.; de Lamo, X.; Dirnböck, T.; Gégout, J.-C.; Gómez-García, D.; Grytnes, J.-A.; Heegaard, E.; Høistad, F.; Nogués-Bravo, D.; Normand, S.; Puşcas, M.; Sebastià, M.-T.; Stanisci, A.; Theurillat, J.-P.; Trivedi, M.; Vittori, P. & Guisan, A. (2011). 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology*, Vol.17, No.7 (July, 2011), pp. 2330-2341, ISSN 1365-2486
- EPBRS (2006): EPBRS Recommendations on Europe's Mountain Biodiversity: Research, Monitoring, Management. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under Austrian Presidency of the EU. EPBRS, Vienna, Austria. <http://www.epbrs.org/PDF/AT-2006-MountainBiodiversity-Final.pdf>
- EPBRS (2007a): Biodiversity in the wider countryside. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under German Presidency of the EU. EPBRS, Leipzig, Germany. <http://www.epbrs.org/PDF/EPBRS-DE2007-Wider%20countryside%20final.pdf>
- EPBRS (2007b): Biodiversity and ecosystem services: the Millennium Ecosystem Assessment framework in a European perspective. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under German Presidency of the EU. EPBRS, Leipzig, Germany. <http://www.epbrs.org/PDF/EPBRS-DE2007-Mill%20Ecosystem%20final.pdf>
- EPBRS (2008): Water for Life: Research priorities for sustaining freshwater biodiversity. Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under Slovenian Presidency of the EU. EPBRS, Brdo, Slovenia. http://www.epbrs.org/PDF/EPBRS-SI2008-Freshwater_Final_.pdf
- EPBRS (2010): European Biodiversity Research Strategy 2010-2020. Version 1. EPBRS, Palma de Mallorca, Spain, 14.05.2011, Available from http://www.epbrs.org/PDF/EPBRS_StrategyBDRResearch_May2010.pdf
- EPBRS (2011): Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under the Hungarian Presidency of the EU concerning ecosystem services. EPBRS, Budapest, Hungary, 14.05.2011, Available from http://share.bebif.be/data/EPBRS/EPBRS-HU2011-EcosystemServices_Final.pdf
- EPBRS (2013): Recommendations of the meeting of the European Platform for Biodiversity Research Strategy held under the Irish Presidency of the EU concerning research to support the implementation of the EU Biodiversity Strategy. EPBRS, Dublin, Ireland.
- Erschbamer, B. & Mayer, R. (2011): Can successional species groups be discriminated based on their life history traits? A study from a glacier foreland in the Central Alps. *Plant Ecology & Diversity* 4: 341–351.

- Essl, F.; Dullinger, S.; Rabitsch, W.; Hulme, P.E.; Hülber, K.; Jarošík, V.; Kleinbauer, I.; Krausmann, F.; Kühn, I.; Nentwig, W.; Vilà, M.; Genovesi, P.; Gherardi, F.; Desprez-Loustau, M.-L.; Roques, A. & Pyšek, P. (2011). Socio-economic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol.108, No. 1 (January 2011), pp.203–207, ISSN 1091-6490
- Felgentreff C. and T. Glade, (2007): *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*, Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Fischer-Kowalski M. & Weisz H. (1999): Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interaction. *Advances in Human Ecology*, 8, 215–251.
- Fischer-Kowalski M. and H. Haberl (2007): *Socioecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*, Edward Elgar, Cheltenham, UK; Northampton, USA.
- Fischer-Kowalski M. and K.-H. Erb (2006): *Epistemologische und konzeptuelle Grundlagen der Sozialen Ökologie*. Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, 148: 33–56.
- Fontana V, Radtke A, Walde J, Tasser E, Wilhalm T, Zerbe S, Tappeiner U (2014): What plant traits tell us: Consequences of land-use change of a traditional agro-forest system on biodiversity and ecosystem service provision. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 186, 44–53.
- Gallopín G. C., (2002): *Epistemological Issues in Sustainability Science*. Presentation at the Science and technology for a transition toward sustainability symposium, American Association for the Advancement of Science, Annual Meeting 17 February 2002, Boston, MA.
- GLP (2005): *Science Plan and Implementation Strategy*. IGBP Report No. 53/IHDP Report No. 19. IGBP Secretariat, Stockholm. 64pp.
- Gottfried, M.; Hantel, M.; Maurer, C.; Toechterle, R.; Pauli, H.; Grabherr, G. (2011). Coincidence of the alpine-nival ecotone with the summer snowline. *Environmental Research Letters*, 6, 014013.
- Gottfried, M.; Pauli, H.; Futschik, A.; Akhalkatsi, M.; Barancok, P.; Benito Alonso, J. L.; Coldea, G.; Dick, J.; Erschbamer, B.; Fernández Calzado, M. R.; Kazakis, G.; Krajci, J.; Larsson, P.; Mallaun, M.; Michelsen, O.; Moiseev, D.; Moiseev, P.; Molau, U.; Merzouki, A.; Nagy, L.; Nakhutsrishvili, G.; Pederesen, B.; Pelino, G.; Púscas, M.; Rossi, G.; Stanisci, A.; Theurillat, J.-P.; Thomaselli, M.; Villar, L.; Vittoz, P.; Vogiatzakis, I.; Grabherr, G. (2012). Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change*, Vol.2, pp. 111–115.
- Gregory, R.D.; Willis S.G.; Jiguet F.; Voříšek P.; Klvaňová A.; van Strien, A.; Huntley, B.; Collingham, Y.C.; Couvet, D. & Green, R.E. (2009): An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. *PLoS-ONE*, Vol.4, No.3, (March 2009), e4678, ISSN 1932-6203
- Grigulis K, Lavorel S, Krainer U, Legay N, Baxendale C, Dumont M, Kastl E, Arnoldi C, Bardgett RD, Poly F, Pommier T, Schloter M, Tappeiner U, Bahn M, Clément JC (2013): Relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services. *Journal of Ecology* 101, 45–57.
- Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* Vol.8, No.9 (June, 2005), pp. 993-1009, ISSN 1461-0248
- Gunderson, L. and C.S. Holling, eds. (2002): *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press: Washington, D.C. Haberl H., M. Fischer-Kowalski, F. Krausmann, H. Weisz, and V. Winiwarter, (2004): Progress Towards Sustainability? What the conceptual framework of material and energy flow accounting (MEFA) can offer. *Land Use Policy*, 21: 199–213.
- Haberl H., V. Winiwarter, K. Andersson, R. U. Ayres, C. G. Boone, A. Castillio, G. Cunfer, M. Fischer-Kowalski, W. R. Freudenburg, E. Furman, R. Kaufmann, F. Krausmann, E. Langthaler, H. Lotze-Campen, M. Mirtl, C. A. Redman, A. Reenberg, A. D. Wardell, B. Warr, and H. Zechmeister, (2006): From LTER to LTSE: Conceptualizing the socio-economic dimension of long-term socio-ecological research. *Ecology and Society*, 11:13 [online], <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art13/>.
- Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Simone Gingrich, Thomas Kastner, Fridolin Krausmann, (2013a): Human Appropriation of Net Primary Production, Stocks and Flows of Carbon, and Biodiversity. In: Rattan Lal, Klaus Lorenz, Reinhard F. Hüttl, Bernd Uwe Schneider, Joachim von Braun (eds.), *Ecosystem Services and Carbon Sequestration in the Biosphere*. Springer, Berlin, 313–331
- Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Veronika Gaube, Simone Gingrich, Simron J. Singh, (2013b): Tracing changes in socio-ecological stocks and flows of materials and energy across space and time – an overview of sociometabolic LTSE approaches. In: Singh, Simron J., Helmut Haberl, Marian Chertow, Michael Mirtl, Martin Schmid (eds.), *Long-Term Socio-Ecological Research. Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 29–52
- Haines-Young R, Potschin M (2013) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August–December 2012. EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003 (Download at www.cices.eu or www.nottingham.ac.uk/cem)
- Hammond, A.; Adriaane, A.; Rodenburg, E.; Bryant, D. & Woodward, R. (1995): *Environmental Indicators: a Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. World Resources Institute, ISBN 1-56973-026-1, Washington, DC.
- Hirsch-Hadorn G., H. Hoffmann-Riem, S. Biber-Klemm et al., (2008): *Handbook of Transdisciplinary Research*, Springer, Stuttgart, Berlin, New York.
- Holling C. S., (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecological Systematics*, 4: 1–24.
- Hooper, D.U.; Chapin, F.S.III; Ewel, J.J.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J.H.; Lodge, D.M.; Loreau, M.; Naeem, S.; Schmid, B.; Setälä, H.; Symstad, A.J.; Vandermeer, J. & Wardle, D.A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, Vol.75, No.1 (February 2005), pp. 3-35, ISSN 0012-9615
- Hörtnagl, P., M. T. Pérez, and R. Sommaruga (2011) Contrasting effects of ultraviolet radiation on the growth efficiency of freshwater bacteria. *Aquatic Ecology* 45: 125–136.
- Hülber, K.; Dirnböck, T.; Kleinbauer, I.; Willner, W.; Dullinger, S.; Karrer, G. & Mirtl, M. (2008). Long-term impacts of nitrogen and sulphur deposition on forest floor vegetation in the Northern limestone Alps, Austria. *Applied Vegetation Science* 11: 395–404.
- Kates R. W., W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, I. Lowe, J. J. McCarthy, H. J. Schellnhuber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopín, A. Grübler, B. Huntley, J. Jäger, N. S. Jodha, R. E. Kasperson, A. Mubogunje, P. A. Matson, H. A. Mooney, B. Moore III, T. O'Riordan, and U. Svedin, (2001): *Sustainability science*. *Science*, 292: 641–642.
- Koenig, T., Kaufmann, R., Scheu, S. (2011): The formation of terrestrial food webs in glacier foreland: evidence for the pivotal role of decomposer prey and intraguild predation. *Pedobiologia*, 54: 147–152.
- Kreiner D., Maringer A., Zechner L. (2012): ECONNECT – Improving Connectivity in the Alps, Implementation in the pilot region Northern Limestone Alps. *eco.mont* 4, 41–46.
- Kremen, C. (2005). Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, Vol.8, No.5 (May, 2005), pp. 468–479, ISSN 1461–0248
- Kulke E. and H. Popp, (2008): *Umgang mit Risiken. Katastrophen – Destabilisierung – Sicherheit*, Deutsche Gesellschaft für Geographie, Bayreuth, Berlin.
- Kuttner, M., Hainz-Renetzeder, C., Hermann, A., Wrška, T. 2013: Borders without barriers – Structural functionality and green infrastructure in the Austrian–Hungarian transboundary region of Lake Neusiedl. *Ecological Indicators* 31, 59–72.
- Kuusaaari, M.; Bommarco, R.; Heikkinen, R.K.; Helm, I.; Krauss, J.; Lindborg, R.; Öckinger, E.; Pärtel, M.; Pino, J.; Rodà, E.; Stefanescu, C.; Teder, T.; Zobel, M. & Steffan-De-Wenter, I. (2009). Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 24, No.10 (August, 2009), pp. 564–571, ISSN 0169-5347
- Luck, G.W.; Daily, G.C. & Ehrlich, P.R. (2003). Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol.18, No.7 (July, 2003), pp. 331–336, ISSN 0169-5347
- Mace GM, Norris K, Fitter AH. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *TREE* 27(1): 19–26.
- Maes J, Egoh B, Willemen L, Liqueur C, Vihaveera P, Schägner JP, Grizzetti B, Drakou EG, La Notte A, Zulian G, Bouraoui F, Paracchini ML, Braat L, Bidoglio G (2012) Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1: 31–39.
- Maihofer A. (2005): Inter-, Trans- und Postdisziplinarität. Ein Plädoyer wider die Ernüchterung. In: H Kahlert, B Thissens, and I Weller (Editors), *Quer denken – Strukturen verändern: Gender Studies zwischen Disziplinen*. Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, pp. 185–202.
- Marcante S, Schwenbacher E. & Erschbamer, B. (2009a): Genesis of a soil seed bank on a primary succession in the Central Alps (Ötztal, Austria). *Flora* 204: 434–444.
- Marcante S, Sierra-Almeida, A., Spindelböck, J.P., Erschbamer, B., Neuner, G. (2012): Frost as a limiting factor for recruitment and establishment of early development stages in an alpine glacier foreland? *Journal of Vegetation Science* Volume: 23 Issue: 5, pp. 858–868.
- Marcante S, Winkler, E. & Erschbamer, B. (2009b): Population dynamics along a primary succession gradient: do alpine species fit into demographic succession theory? *Annals of Botany* 103: 1129–1143.

- Mauerhofer, V. (2010): Missing links: how individuals can contribute to reserve policy enforcement on the example of the European Union. *Biodiversity and Conservation*, Vol.19, No.3, (March, 2010), pp. 601–618, ISSN 0960-3115
- Mauerhofer, V. (2011): A bottom-up 'Convention-Check' to improve top-down global protected area governance. *Land Use Policy*, Vol. 28, No.4 (October, 2011), pp. 877–886, ISSN 0264-8377, doi: 10.1016/j.landusepol.2011.03.004
- Mayer W, Pfefferkorn-Dellali V, Türk R, Dullinger S, Mirtl M, Dirnböck T (2013). Significant decrease in epiphytic lichen diversity in a remote area in the European Alps, Austria. *Basic and Applied Ecology* 14 (2013) 396–403.
- Mayer, R., Erschbamer, B. (2011): Seedling recruitment and seed-/microsite limitation in traditionally grazed plant communities of the alpine zone. *Basic and Applied Ecology*, 12: 10–20.
- Mayer, R., Erschbamer, B. (2013): Ongoing changes at the long-term monitoring sites of Gurgler Kamm Biosphere Reserve, Tyrol, Austria. *Eco-mont* 6 (1): 5–15.
- MEA (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Island Press, ISBN 1-55963-402-2, Washington, DC
- Metz, H., & Forro, L. (1991): The chemistry and crustacean zooplankton of the Seewinkel pans - a review of recent conditions. *Hydrobiologia*, 210, 25–38.
- Mirtl, M. et al. (2009): LTER-Europe Design and Implementation Report – Enabling “Next Generation Ecological Science”: Report on the design and implementation phase of LTER-Europe under ALTER-Net & management plan 2009/2010. Umweltbundesamt, Federal Environment Agency Austria. Vienna. 220 pages. ISBN 978-3-99004-031-7
- Mirtl, M. (2010): Introducing the next generation of ecosystem research in Europe: LTER-Europe's multi-functional and multi-scale approach. In: Müller F, Baessler C, Schubert H, Klotz S (eds) *Long-term ecological research: between theory and application*. Springer, Dordrecht. 456 pages. ISBN: 978-90-481-8781-2
- Mirtl, M.; Bahn, M.; Battin, T.; Borsdorf, A.; Englisch, M.; Gaube, V.; Grabherr, G.; Gratzner, G.; Kreiner, D.; Haberl, H.; Richter, A.; Schindler, S.; Tappeiner, U.; Winiwarter, V. & Zink, R. (2010): LTER-Austria White Paper. “Next Generation LTER” in Austria. LTER-Austria-Austrian Long-Term Ecosystem research Network, ISBN 978-3-901347-94-8, Vienna, Austria. 14.05.2011, Available from <http://www.lter-austria.at>
- Mirtl, M.; Götzl, M.; Malicky, M.; Rainer, H.; Schleidt, K.; Schindler, S. & Schentz, H. (2011): Österreichisches ESFRI Roadmap Projekt „LIFEWATCH“. Erstes Konzept als Basis zur Zeichnung des LifeWatch MoI. Vienna, Austria, 07.07.2011, Available from <http://www.lter-austria.at>
- Mirtl M., Orenstein D. E., Wildenberg M., Peterseil J., Frenzel M. (2013): Development of LTSE Platforms in LTER Europe: Challenges and Experiences in Implementing Place-Based Long-Term Socio-ecological Research in Selected Regions. In: Singh, Simron J., Haberl H., Chertow M., Mirtl M., Schmid M. (eds.). *Long-Term Socio-Ecological Research. Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 29–52.
- Newig J., V. Gaube, K. Berkhoff, K. Kaldrack, B. Kastens, J. Lutz, B. Schlußmeier, H. Adensam and H. Haberl (2008): The Role of Formalisation, Participation and Context in the Success of Public Involvement Mechanisms in Resource Management. *Systemic Practice and Action Research*, 21: 423–441.
- Newton, A.C. (2011). Implications of Goodhart's Law for monitoring global biodiversity loss. *Conservation Letters*, Volume 4, Issue 4, pages 264–268. ISSN 1755-263X, doi: 10.1111/j.1755-263X.2011.00167.x
- NRC – National Research Council (2001): *Basic Research Opportunities in Earth Science*. Committee on Basic Research Opportunities in the Earth Sciences, Board on Earth Sciences and Resources, National Research Council. Academies Press. ISBN: 0-309-56988-5, 168 pages. URL: <http://www.nap.edu/catalog/9981.html>.
- Österreichische Bundesregierung (2011): Potenziale ausschöpfen, Dynamik steigern, Zukunft schaffen - Der Weg zum Innovation Leader. Strategie der Bundesregierung für Forschung, Technologie und Innovation. Republik Österreich, 2011. URL: http://www.bmvit.gv.at/bmvit/service/publikationen/innovation/forschungspolitik/fti_strategie.html
- Pamminger-Lahnsteiner, B. (2011) Conservation of natural biological resources in Austria: ecological-, morphological- and genetic analysis of European Whitefish (*Coregonus lavaretus* L. complex). Paris Lodron University Salzburg, 155pp.
- Pamminger-Lahnsteiner, B., Winkler, K., Weiss, S., and Wanzenböck, J. (2012): Does segregated spawning time prevent the introgression of stocked whitefish species into native species? A morphometric and genetic study in Mondsee (Austria). *Fundamental and Applied Limnology, Advanc. Limnol.* 63: 197–208
- Parris T. M. and R. W. Kates (2003a): Characterizing a sustainability transition: Goals, targets, trends, and driving forces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100: 8068–8073.
- Parris T. M. and R. W. Kates (2003b): Characterizing and Measuring Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources*, 28: 559–586.
- Pascher, K. & Gollmann, G. (1999): Ecological risk assessment of transgenic plant releases: an Austrian perspective. *Biodiversity and Conservation*, Vol. 8, No. 8, (August 1999), pp. 1139–1158, ISSN 0960-3115
- Pascher, K.; Moser, D.; Dullinger, S.; Sachslehner, L.; Gros, P.; Sauberer, N.; Traxler, A.; Grabherr, G. & Frank, T. (2011). Setup, efforts and practical experiences of a monitoring program for genetically modified plants – An Austrian case study for oilseed rape and maize. *Environmental Sciences Europe*, Vol.13 (March, 2011), pp. 1–12, ISSN 2190-4715
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, Ch., Grabherr, G. (2007): Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations 1994-2004 at the GLORIA* master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13: 147–156.
- Pauli, H.; Gottfried, M.; Dullinger, S.; Abdaladze, O.; Akhalkatsi, M.; Alonso, J. L. B.; Coldea, G.; Dick, J.; Erschbamer, B.; Fernandez Calzado, R.; Goshn, D.; Holten, J. I.; Kanka, R.; Kazakis, G.; Kollár, J.; Larsson, P.; Moiseev, P.; Moiseev, D.; Molau, U.; Molero Mesa, J.; Nagy, L.; Pelino, G.; Púscas, M.; Rossi, G.; Stanisci, A.; Syverhuset, A. O.; Theurillat, J.-P.; Thomasselli, M.; Unterluggauer, P.; Villar, L.; Vittoz, P.; Grabherr, G. (2012): Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. *Science*, Vol. 336, pp. 353–355.
- Pérez, M. T. and Sommaruga, R. (2011): Temporal changes in the dominance of major planktonic bacterial groups in an alpine lake: discrepancy with their contribution to bacterial production. 2011, *Aquatic Microbial Ecology* 63: 161–170.
- Platform for Biodiversity Research in Austria (2008). Plattform Biodiversität Forschung Austria (BdFA): Tätigkeitsbericht Mai 2008 für das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BWF). University of Vienna, Vienna, Austria, 14.05.2011, Available from http://131.130.59.133/biodiv_forschung/Texte/Bericht_Bioplattform_200805_complete.pdf
- Prevosto, B., Kuipers, L., Bernhardt-Römermann, M., Dölle, M., Schmidt, W., Hoffmann, M., Uytvanck, J., Bohner, A., Kreiner, D., Stadler, J., Klotz, S., Brandl, R. (2011). Impacts of land abandonment on vegetation: successional pathways in European habitats. *Folia Geobot* 46, 303–325.
- Pröll G, Dullinger S, Dirnböck, T, Kaiser Ch, Richter A (2011). Effects of nitrogen on tree recruitment in a temperate montane forest as analysed by measured variables and Ellenberg indicator values. *Preslia* 83: 111–127.
- Pyšek, P.; Jarosik, V.; Hulme, P.; Kühn, I.; Wild, J.; Arianoutsou, M.; Bacher, S.; Chiron, F.; Didžiulis, V.; Essl, F.; Genovesi, P.; Gherardi, F.; Hejda, M.; Kark, S.; Lambdon, P.W.; Desprez-Loustau, A.-M.; Nentwig, W.; Pergl, J.; Poboljsaj, K.; Rabitsch, W.; Roques, A.; Roy, D.; Shirley, S.; Solarz, W.; Vilá, M. & Winter, M. (2010). Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 107, No. 27, (June, 2010), pp. 12157–12162, ISSN 1091-6490
- Raso, L., Sint, D., Mayer, R., Plangg, S., Recheis, T., Brunner, S., Kaufmann, R. and Traugott, M. (2014), Intraguild predation in pioneer predator communities of alpine glacier forelands. *Molecular Ecology*, 23: 3744–3754.
- Redman C. L., J. M. Grove, and L. H. Kuby (2004): Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change. *Ecosystems*, 7: 161–171.
- Reyers, B.; Roux, D.J.; Cowling, R.M.; Ginsburg, A.E.; Nel, J.L. & Farrel, P.O. (2010): Conservation Planning as a Transdisciplinary Process. *Conservation Biology*, Vol. 24, No. 4 (August, 2010), pp. 957–965, ISSN 1523-1739
- Rinnhofer, L.J.; Roúra-Pascual, N.; Arthofer, W.; Dejaco, T.; Wachter, G. A.; Thaler-Knoflach, B.; Christian, E.; Steiner, F.M.; Schlick-Steiner, B.C. (2012): Iterative species distribution modelling and ground validation in endemism research: an Alpine jumping bristletail example. *Biodivers Conserv* 21: 2845–2863.
- Sachs J.D., Baillie J.E., Sutherland W.J., Armsworth, P.R., Ash, N., Beddington, J., Blackburn, T.M., Collen, B., Gardiner, B., Gaston, K.J., Godfray, H.C.J., Green, R.E., Harvey, P.H., House, B., Knapp, S., Kumpel, N.F., Macdonald, D.W., Mace, G.M., Mallet, J., Matthews, A., May, R.M., Petchey, O., Purvis, A., Roe, D., Safi, K., Turner, K., Walpole, M., Watson, R., Jones, K.E. (2009): Biodiversity Conservation and the Millennium Development Goals. *Science* 325: 1502–1503.
- Schindler S, Sebesvari Z, Damm C, Euller K, Mauerhofer V, Hermann A, Biró M, Essl F, Kanka R, Laawars SG, Schulz-Zunkel C, van der Sluis T, Kropik M, Gasso V, Krug A, Pusch M, Zulká KP, Lazowski W, Hainz-Renetzeder C, Henle K, Wrba T (2014) Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. *Landscape Ecology*, in press. doi: 10.1007/s10980-014-9989-y

- Schindler S, von Wehrden H, Poirazidis K, Wrba T, Kati V (2013) Multiscale performance of landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. *Ecological Indicators* 31, 41–48.
- Schindler, S.; Curado, N.; Nikolov, S.; Kret, E.; Cárcamo, B.; Poirazidis, K.; Catsadorakis, G.; Wrba, T. & Kati, V. (2011). From research to implementation: nature conservation in the Eastern Rhodopes mountains (Greece and Bulgaria), European Green Belt. *Journal for Nature Conservation*, Vol.19, No.4 (September, 2011), pp. 193–201, ISSN 1617-1381, doi: 10.1016/j.jnc.2011.01.001
- Schirpke U, Leitinger G, Tasser E, Schermer M, Steinbacher M, Tappeiner U (2013) Multiple ecosystem services of a changing Alpine landscape: past, present and future. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 9(2), 123–135.
- Schwienbacher, E., Navarro-Cano, J.A., Neuner, G., Erschbamer, B. (2011a): Correspondence of seed traits with niche position in glacier foreland succession. *Plant Ecology*, 213: 371–382.
- Schwienbacher, E., Navarro-Cano, J.A., Neuner, G., Erschbamer, B. (2011b): Seed dormancy in alpine species. *FLORA*, 206: 845–856.
- Singh, S.J.; Haberl, H.; Chertow, M.; Mirtl, M. & Schmid, M. (Eds.) (2013): Long term socio-ecological research: Studies in society-nature interactions across spatial and temporal scales. Springer, ISBN 978-94-007-1176-1, Dordrecht, The Netherlands.
- Singh, S.J.; Haberl, H.; Gaube, V.; Grünbühl, C.M.; Lisievoli, P.; Lutz, J.; Matthews, R.; Mirtl, M.; Vadineanu, A. & Wildenberg, M. (2010). Conceptualising Long-Term Socio-ecological Research (LTSE): Integrating the Social Dimension. In: Long-term ecological research: between theory and application. F. Müller, C. Baessler, H. Schuber & S. Klotz (Eds.) Springer, pp. 377–398, ISBN 978-90-481-8781-2, Dordrecht, The Netherlands.
- Sonntag, B., Summerer, M., and Sommaruga, R. (2011) Are freshwater mixotrophic ciliates less sensitive to solar UV radiation than heterotrophic ones? *Journal of Eukaryotic Microbiology* 58 (3): 196–202.
- Steffen W., J. Jäger, D. J. Carson, and C. Bradshaw (2002): *Challenges of a Changing Earth*, Springer, Berlin.
- Stötter J. and M. Coy (2008): *Forschungsschwerpunkt „Globaler Wandel – regionale Nachhaltigkeit“*. Innsbrucker Jahresbericht (2008): Innsbruck, pp. 203–221.
- Sutherland W.J., Clout, M., Côté, I.M., Daszak, P., Depledge, M.H., Fellman, L., Fleishman, E., Garthwaite, R., Gibbons, D.W., De Lurio, J., Impey, A.J., Lickorish, F., Lindenmayer, D., Madgwick, J., Margerison, C., Maynard, T., Peck, L.S., Pretty, J., Prior, S., Redford, K.H., Scharlemann, J.P.W., Spalding, M., Watkinson, A.R. (2010). A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends in Ecology & Evolution* 25(1): 1–7.
- Sutherland, W.J.; Armstrong-Brown, S.; Armsworth, P.R.; Brereton, T.; Brickland, J.; Campell, C.D.; Chamerlain, D.E.; Cooke, A.I.; Dulvy, N.K.; Dusic, N.R.; Fitton, M.; Freckleton, R.P.; Godfray, H.C.J.; Grout, N.; Harvey, H.J.; Hedley, C.; Hopkins, J.J.; Kift, N.B.; Kirby, J.; Kunin, W.E.; MacDonald, D.W.; Marker, B.; Naura, M.; Neale, A.R.; Oliver, T.; Osborn, D.; Pullin, A.S.; Shardlow, E.A.; Showler, D.A.; Smith, P.L.; Smithers, R.J.; Solandt, J.-L.; Spencer, J.; Spray, C.J.; Thomas, C.D.; Thompson, J.; Webb, S.E.; Yalden, D.W. & Watkinson, A.R. (2006): The identification of 100 ecological questions of high policy relevance in the UK. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 43, No. 4, (August 2006), pp. 617–627, ISSN 1365-2664
- Sutherland, W.J.; Aveling, L.; Brooks, T.M.; Clout, M.; Dicks, L.V.; Fellman, L.; Fleishman, E.; Gibbons, D.W.; Keim, B.; Lickorish, F.; Monk, K.A.; Mortimer, D.; Peck, L.S.; Pretty, J.; Rockström, J.; Rodríguez, J.P.; Smith, R.K.; Spalding, M.D.; Tonneijck, F.H.; Watkinson, A.R. (2014): A horizon scan of global conservation issues for 2014. *TREE* volume 29 issue 1, pp. 15–22.
- Tappeiner, U.; Borsdorf, A.; Bahn, M. (2013). Long-Term Socio-Ecological Research in Mountain Regions: Perspectives From the Tyrolean Alps. In: Singh SJ, Haberl H, Chertow M, Mirtl M, Schmid, M. (Eds.), *Long Term Socio-Ecological Research Studies in Society-Nature Interactions Across Spatial and Temporal Scales*, Series: Human-Environment Interactions, Vol. 2, Springer, 505–525.
- Tasser, E.; Sternbach, E., Tappeiner, U. (2008): Biodiversity indicators for sustainability monitoring at municipality level: an example of implementation in an alpine region. *Ecological Indicators*, Vol. 8, No. 3 (May 2008), pp. 204–223, ISSN 1470-160X
- TEEB (2009): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for National and International Policy Makers – Summary: Responding to the Value of Nature 2009*. <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=14Y2nqqliCg%3d&tabid=1019&language=en-US>
- TEEB (2010): *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. <http://www.teebweb.org/publication/mainstreaming-the-economics-of-nature-a-synthesis-of-the-approach-conclusions-and-recommendations-of-teeb/>
- Thies H., Tolotti M., Nickus U., Lami A., Musazzi S., Guilizzoni P., Rose N.L., Yang H. (2012). Interactions of temperature and nutrient changes: effects on phytoplankton in the Piburger See (Tyrol, Austria). *Freshwater Biology* 57, 2057–2075.
- Tittensor, D.P.; Walpole, M.; Hill, S.L.L.; Boyce, D.G.; Britten, G.L.; Burgess, N.D.; Butchart, S.H.M.; Leadley, P.W.; Regan, E.C.; Alkemade, R.; Baumung, R.; Bellard, C.; Bouwman, L.; Bowles-Newark, N.J.; Chenery, A.M.; Cheung, W.W.L.; Christensen, V.; Cooper, H.D.; Crowther, A.R.; Dixon, M.J.R.; Galli, A.; Gaveau, V.; Gregory, R.D.; Gutierrez, N.L.; Hirsch, T.L.; Höft, R.; Januchowski-Hartley, S.R.; Karmann, M.; Krug, C.B.; Leverington, F.J.; Loh, J.; Kutsch Lojenga, R.; Malsch, K.; Marques, A.; Morgan, D.H.W.; Mumby, P.J.; Newbold, T.; Noonan-Mooney, K.; Pagad, S.N.; Parks, B.C.; Pereira, H.M.; Robertson, T.; Rondinini, C.; Santini, L.; Scharlemann, J.P.W.; Schindler, S.; Sumaila, U.R.; The, S.L.S.; van Kolck, J.; Visconti, P.; Ye, Y. (2014): A mid-term analysis of progress towards international biodiversity targets. *Science* 346 (6206): 241–244.
- Tolotti M., Thies H., Nickus U., Psenner R. (2012). Temperature modulated effects of nutrients on phytoplankton in a mountain lake. *Hydrobiologia* 698: 61–75.
- Turner B. L., R. E. Kasperson, P. A. Matson, J. J. McCarthy, R. W. Corell, L. Christensen, N. Eckley, J. X. Kasperson, A. Luers, M. L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher, and A. Schiller, (2003a): A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100: 8074–8079.
- Vadineanu, A. (2004): *Adaptive management of socio-ecological complexes: An ecosystem approach*. Bucharest University Press: Bucharest.
- Walpole, M.; Almond, R.E.A.; Besancon, C.; Butchart, S.H.M.; Campbell-Lendrum, D.; Carr, G.M.; Collen, B.; Collette, L.; Davidson, N.C.; Dulloo, E.; Fazel, A.M.; Galloway, J.N.; Gill, M.; Goverse, T.; Hockings, M.; Leaman, D.J.; Morgan, D.H.W.; Revenga, C.; Rickwood, C.J.; Schutyser, F.; Simons, S.; Stattersfield, A.J.; Tyrrell, T.D.; Vié, J.-C. & Zimsky, M. (2009): Tracking progress towards the 2010 Biodiversity Target and beyond. *Science*, Vol. 325, No. 5947 (September 2009), pp. 1503–1504, ISSN 0036-8075
- Wanzenböck, J., Pamminer-Lahnsteiner, B., Winkler, K., and Weiss, S. (2012) Experimental evaluation of the spawning periods in a native Alpine whitefish population versus an introduced population of whitefish (*Coregonus lavaretus* complex) in Mondsee, Austria. *Fundamental and Applied Limnology, Advanc. Limnol.* 63: 89–97
- WBGU (2007): *Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel*, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU), Berlin.
- Winiwarter V. and M. Knoll, (2007): *Umweltgeschichte. Eine Einführung*, Böhlau, Köln.
- Winkler, K., Pamminer-Lahnsteiner, B., Wanzenböck, J., Weiss, S. (2011) Hybridization and restricted gene flow between native and introduced stocks of Alpine whitefish (*Coregonus* sp.) across multiple environments. *Molecular Ecology* 20 (3): 456–472. doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04961.x
- Wolfgram, G., Donabum, K., Schagerl, M., & Kowarc, V.A. (1999): The zoobenthic community of shallow salt pans in Austria - preliminary results on phenology and the impact of salinity on benthic invertebrates. *Hydrobiologia*, 408, 193-202.
- Wrba, T., Erb, K.-H., Schulz, N.B., Peterseil, J., Hahn, C., Haberl, H., (2004): Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators. *Land Use Policy* 21, 289–306.
- Wrba, T.; Schindler, S.; Pollheimer, M.; Schmitzberger, I. & Peterseil, J. (2008): Impact of the Austrian Agri-Environmental Scheme on diversity of landscape, plants and birds. *Community Ecology*, Vol. 9, No. 2 (December 2008), pp. 217–227, ISSN 1585-8553
- Zechmeister, H. G., Dirnböck T., Hülber K, Mirtl M (2007): Assessing airborne pollution effects on bryophytes – lessons learned through long-term integrated monitoring in Austria. *Environmental Pollution* 147: 696–705.
- Zechmeister, H. G. (2004): The bryophyte vegetation of the Natura 2000 Area Neusiedler See, with an emphasis on the saline meadows of the Seewinkel-area (Austria). *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich* 141: 43–62.
- Zechmeister, H. G. (2005): Bryophytes of continental salt meadows in Austria. *Journal of Bryology* 27: 297–302.
- Zimmermann-Timm, H., & Herzig, A. (2006): Ciliates and flagellates in shallow saline pans within the area of the Nationalpark Neusiedler See/Seewinkel, Austria. In: J. Jones (Ed.), *International Association of Theoretical and Applied Limnology*, Vol. 29, Pt. 4, Proceedings (pp. 1940–1946). Stuttgart: E Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Zulka, K.P., Milasowsky, N., & Lethmayer, C. (1997): Spider biodiversity potential of an ungrazed and a grazed inland salt meadow in the National Park "Neusiedler See-Seewinkel" (Austria): Implications for management (Arachnida: Araneae). *Biodiversity and Conservation*, 6, 75–88.

SPACE FOR YOUR NOTES

ACKNOWLEDGEMENTS

The LTER-Austria White Paper emerged from interdisciplinary co-operation amongst experts engaged in diverse areas of the complex field of ecological long-term research.

We want to acknowledge contributions to the LTER-Austria White Paper 2015 by Stefanie Belharte, Thomas Hein, Harald Pauli, Nikolaus Schallhart, Ruben Sommaruga and Steffen Zacharias.

Our thanks also go to the Austrian Academy of Sciences, without whose financial support the production of the LTER-Austria White Paper 2015 would have been impossible.

IMPRINT

LTER-Austria Series, Vol. 2
Vienna, February 2015

Recommended citation:

Mirtl M., Bahn M., Battin T., Borsdorf A., Dirnböck T., Englisch M., Erschbamer B., Fuchsberger J., Gaube V., Grabherr G., Gratzer G., Haberl H., Klug H., Kreiner D., Mayer R., Peterseil J., Richter A., Schindler S., Stocker-Kiss A., Tappeiner U., Weisse T., Winiwarter V., Wohlfahrt G., Zink R. (2015): Research for the Future – LTER-Austria White Paper 2015 – On the status and orientation of process oriented ecosystem research, biodiversity and conservation research and socio-ecological research in Austria.

LTER-Austria Series, Vol. 2, ISBN 978-3-9503986-1-8

<http://www.lter-austria.at>

Short: Mirtl et al. 2015

All rights reserved, including translation, reprinting of extracts, production of microfilms and photomechanical reproduction.

LTER-Austria: Austrian Society for Long-term Ecological Research
c/o Institute for Social Ecology, Schottenfeldgasse 29, A-1070 Vienna

Layout: Ursula Nasswetter, Wien

Picture Credits: Helmut Haberl, IFF; Fotolia, LTSEr Obergurgl

Print: Bernsteiner Druckservice Ges.m.b.H., Wien

Translation: Ursula Lindenberg, UK

Supported by the Austrian Academy of Sciences
Printing and composition errors excepted.

ISBN (engl.) 978-3-9503986-1-8

© 2015, LTER-Austria





RESEARCH FOR
THE FUTURE

LTER-AUSTRIA WHITE PAPER 2015

Austrian Society for Long-term
Ecological Research



ISBN 978-3-9503986-1-8