

Benthic Diatoms in Arctic Seas – Ecological Functions and Adaptations

by Ulf Karsten¹, Carolin Schlie¹, Jana Woelfel¹ and Burkhard Becker²

Abstract: Arctic coasts exhibit an enormous area of shallow water regions, which are dominated by unicellular benthic diatoms. These microalgae form a community known as microphytobenthos. Microphytobenthic biofilms cover extensive sediment areas and are responsible for high rates of primary production. They stabilize sediment surfaces against erodibility under flow conditions by the excretion of extracellular polymeric substances, thereby affecting the exchange of oxygen and nutrients across the sediment-water interface. Consequently, this community represents a key component in the functioning of Arctic trophic webs, particularly as a major food source for benthic suspension- or deposit-feeders.

Arctic benthic diatoms are confronted with pronounced seasonal variations of solar radiation, low temperatures, hyposaline (meltwater) conditions in summer, as well as long periods of ice and snow cover. From the few data available, it seems that these organisms can easily cope with such environmental extremes. Diatoms show a rather unusual photosynthetic flexibility providing optimum photoprotection and rapid photoacclimation under fluctuating and highly variable radiation conditions. In addition, some benthic diatoms are capable to vertically migrate into the sediment-microphytobenthos matrix, an efficient and energy-saving mechanism to avoid, for example, photodamage. These microalgae can survive the polar night, but the underlying processes are unknown. Although comprehensive data are still lacking, some studies indicate that Antarctic benthic diatoms are rather polar stenothermal and psychrophilic, while their Arctic pendants are more eurythermal and psychrotolerant. If these conspicuous differences in temperature requirements of both benthic diatom floras are underlined by more ecophysiological investigations, the data could be related to the different cold-water histories of the Arctic and Antarctica. If environmental changes such as the observed Arctic warming are negatively affecting the dark survival potential of benthic diatoms, their ecological function as important primary producers in polar regions may be strongly reduced. Climate change in the Arctic predicts other multifactorial stressors, such as increase in precipitation and permafrost thawing with consequences for the shallow water regions. However, complex factor interactions, as well as the full genetic diversity and physiological plasticity of Arctic benthic diatoms are still not deeply studied.

Zusammenfassung: Arktische Küsten weisen große Flachwassergebiete auf, welche von einzelligen benthischen Diatomeen dominiert werden, die eine als Mikrophytobenthos benannte Lebensgemeinschaft ausbilden. Mikrophytobenthische Biofilme bedecken riesige Sedimentflächen und tragen dort zu hohen Primärproduktionsraten bei. Sie stabilisieren die Sedimentoberflächen gegenüber strömungsbedingten Erosionsprozessen durch die Fähigkeit extrazelluläre polymere Substanzen zu exkretieren, wodurch der Austausch von Sauerstoff und Nährstoffen an der Sediment-Wasser-Grenzschicht beeinflusst wird. Aufgrund dieser besonderen Fähigkeiten übt diese Lebensgemeinschaft eine Schlüsselrolle in den trophischen Nahrungsbeziehungen der Arktis aus, insbesondere als wichtige Nahrungsquelle für benthische Suspensions- und Sedimentfresser.

Benthische Diatomeen der Arktis sind mit ausgeprägten saisonalen Variabilitäten der Sonnenstrahlung, niedrigen Temperaturen, hyposalinen Bedingungen aufgrund von Schmelzwasser im Sommer sowie langen Perioden einer Eis- und Schneebedeckung konfrontiert. Die wenigen verfügbaren Daten zeigen jedoch, dass diese Organismen mit solchen extremen Umweltbedingungen gut klar kommen. Diatomeen zeigen eine ungewöhnliche Flexibilität der Photosynthese, welche sowohl einen optimalen Schutz als auch eine schnelle Anpassung an fluktuierende und hoch variable Strahlungsbedingungen ermöglicht. Zusätzlich sind einige benthische Diatomeen befähigt

eine Vertikalwanderung in das Sediment durchzuführen, was beispielsweise einen effizienten und energiesparenden Mechanismus zur Vermeidung von Fotoschäden darstellt. Diese Mikroalgen überleben die Polarnacht, aber die zugrunde liegenden Prozesse sind unbekannt. Auch wenn nur wenige Studien vorliegen, so weisen benthische Diatomeen der Antarktis scheinbar stenotherme und psychrophile Verhaltensweisen auf, im Gegensatz zu den eher eurythermen und psychrotoleranten arktischen Vertretern. Diese offensichtlichen Unterschiede in den Temperaturansprüchen beider Diatomeen-Floren müssen durch weitere ökophysiologische Untersuchungen untermauert werden, lassen sich aber trotzdem mit den unterschiedlich langen Kaltwassergeschichten der Antarktis und Arktis erklären. Falls Umweltveränderungen wie die beobachtete Erwärmung der Arktis das Dunkel-Überlebenspotential benthischer Diatomeen negativ beeinflusst, dann wird deren ökologische Funktion als wichtige Primärproduzenten der Polargebiete stark beeinträchtigt. Klimaänderungen in der Arktis prognostizieren weitere multifaktorielle Belastungen wie erhöhte Niederschläge und ein Auftauen des Permafrost was eine starke Beeinträchtigung der Flachwassergebiete nach sich zieht. Jedoch sind solche komplexen Einflussgrößen, als auch die genetische Diversität und physiologische Plastizität der benthischen Diatomeen der Arktis bisher kaum untersucht.

INTRODUCTION

The Arctic Ocean includes all water bodies above the Arctic Circle (66° 33' N) and, thus, the area behind the approximate limit of the midnight sun and the polar night. It covers a total area >20 x 10⁶ km² and about 25 % of the global coastal region (JAKOBSSON et al. 2008). The shelf area (depths of <200 m) of the Arctic is large and accounts for approximately 22 % of the global shelf area (MENARD & SMITH 1966). As a consequence, Arctic coastal regions are estimated to cover approximately 6 x 10⁶ km² with an average water depth of 80 m (GATTUSO et al. 2006, JAKOBSSON et al. 2008). This enormous shallow water area is biologically very active as it is characterised by high biomasses and abundance of infaunal and epifaunal organisms (PIEPENBURG et al. 1995, SEJR et al. 2000), as well as by high benthic mineralisation processes (RYSGAARD et al. 1998). All of these heterotrophic organisms strongly depend on the activity of primary producers. Although pelagic and ice-related primary production can be high, it is of more seasonal and local significance, respectively (HSIAO 1988). In addition, efficient microbial turnover rates for carbon and nutrients have been documented in the Arctic water column (RYSGAARD et al. 1999), resulting in reduced sedimentation events of particulate organic material. Consequently, at many locations heterotrophic benthic organisms do not benefit from the primary production of phytoplankton and ice-algae, and hence have to rely on benthic primary producers as main food source (GLUD et al. 2002). The most abundant benthic primary producers in terms of biomass in the Arctic shallow water regions are represented by seaweeds such as kelps (WIENCKE 2004) and sediment-dwelling diatoms (GLUD et al. 2009). While kelps usually form high standing-stock biomass on hard substrata, benthic diatoms preferentially

¹ Institute of Biological Sciences, Applied Ecology, University of Rostock, Albert-Einstein-Straße 3, D-18059, Rostock, Germany.

² University of Cologne, Cologne Biocenter, Botany, Otto-Fischer-Straße 6, D-50674 Cologne, Germany.

occupy sandy and muddy sediments.

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Arctic waters are characterised by pronounced seasonal variations of solar radiation and, as a consequence, of sea-ice cover and low temperatures. In coastal areas with high wave energy benthic communities are often strongly impacted by icebergs and accumulated sea ice. Multi-year sea ice can reach depths of about 40 m thereby scratch the sea floor, which may result in strong mechanical damage to benthic organisms (GUTT 2001). Benthic primary producers experience only short periods with sufficient photosynthetically active radiation (PAR, 400-700 nm) because of extended periods of darkness (polar night). The polar night lasts for about four months, and the annual solar radiation at 80° N is 30-50 % less compared to temperate and tropical regions, respectively. 80° N is the pole ward distribution limit of phototrophic organisms (LÜNING 1990). The extreme fluctuating radiation conditions in Arctic waters have strong implications for primary production and seasonal growth of benthic phototrophs. In addition, the long periods of darkness are further extended due to the formation of sea ice. If the ice is also covered by snow, irradiance can be diminished to less than 2 % of the surface value. Consequently, phototrophic benthic communities may be exposed up to about 10 months of darkness or very low radiation conditions (CHAPMAN & LINDLEY 1980, DUNTON 1990). After sea-ice break-up in spring, solar radiation penetrates deeply into the water column. UV-radiation (UVR, 280-400 nm) and blue light are, however, strongly attenuated in coastal waters because of the prevailing optical properties, which are influenced by particles and yellow substances. The 1 % depth for UVB (280-315 nm) radiation, which represents the approximate threshold irradiance of UVB with the potential to negatively affect primary plant productivity, is located between 4 and 8 m on Spitsbergen (HANELT et al. 2001). Deeper penetration depths for UVB can be measured, for example, in oligotrophic tropical waters (DUNNE & BROWN 1996). During summer, coastal water transparency in most Arctic regions strongly decreases due to the development of phytoplankton blooms and the inflow of melt water that typically carries fine sediment particles. With increasing turbidity, radiation quality shifts from blue to green wavebands in deeper waters (Jerlov 1976). Consequently, benthic primary producers are generally exposed to mainly low irradiances.

In contrast to such qualitatively and quantitatively variable radiation conditions, temperatures in shallow Arctic waters typically change only slightly between -1.8 °C in winter and about 5.0 °C in summer as reported for Kongsfjorden (Spitsbergen) (HANELT et al. 2001). However, any increase in water temperature, as predicted by global change scenarios, would affect marine organisms in the Arctic Ocean. The increase in near surface air temperature in the Arctic, which has been observed during the past 25 years (RIGOR et al. 2000), is accompanied by a decrease in annual average extent of sea ice (LUKOVICH & BARBER 2007). In addition, the influence of warmer Atlantic-derived water masses has also become stronger in the Arctic. Independent of the underlying mechanisms, the signals of a currently ongoing warming of the Arctic ocean are numerous (POLYAKOV et al. 2005).

During summer the inflow of melt water has strong effects on the salinity and temperature regime in inshore waters. During times of calm weather, stratified water bodies often occur with a layer of fresh water above a layer of denser sea-water. However, due to wave- and wind-induced vertical mixing also deeper water layers may become affected, and reductions in salinity down to about 20 m depth can be recorded as documented for Kongsfjorden, Spitsbergen (HANELT et al. 2001).

Macronutrients such as nitrogen and phosphorus show strong seasonality in Arctic waters. The European Arctic belongs to the most productive seas in the world (ORHEIM et al. 1995), because it obtains nutrient-rich water from the south during parts of the year via the so-called Spitsbergen Current. While nitrogen and phosphorus levels are relatively high in the water column during the winter months both macronutrients are almost fully depleted in summer after the phytoplankton blooms. In pore water of the sediments nutrient concentrations are generally much higher (approximately factor 5 to 10) than in the surrounding water column (WOELFEL et al. 2009), and these high amounts are available all around the year for benthic organisms. Consequently, benthic diatoms are generally expected not to experience strong nutrient-limitation, except during periods of highest primary production.

ECOLOGY OF BENTHIC DIATOMS

Benthic diatoms form an assemblage on top of sediments and other hard substrata known as microphytobenthos. Pelagic and benthic diatoms together represent one of the ecologically most important microalgal groups in the oceans. They strongly participate in the biogeochemical cycles of carbon, nitrogen, phosphorus and silicon, with a significant impact on global climate (WILHELM et al. 2006). Although evolutionarily with 250 million years relatively young, they dominate today phytoplankton and microphytobenthic communities. Diatoms contribute with about 20 % (FALKOWSKI & RAVEN 2007) to total global primary production, they exhibit an enormous biodiversity with at least 100,000 extant species (ROUND & CRAWFORD 1990) and their valves represent important geological proxies for paleoclimatic reconstructions.

Microphytobenthic communities are generally known from temperate to tropical marine shallow water regions as being highly productive and providing a major food source for benthic suspension- or deposit-feeders (CAHOON 1999). Further important ecological functions include those as biological filter for oxygen and other elemental fluxes at the sediment/water interface (RISGAARD-PETERSEN et al. 1994), and as stabiliser of sediment surfaces by the excretion of extracellular polymeric substances (DE BROUWER et al. 2005). Consequently, microphytobenthic diatom assemblages represent a key component in the functioning of trophic webs in many coastal regions. Some marine ecosystems, such as the German Wadden Sea, are mainly dependent on the production of benthic diatoms. However, structure and function of microphytobenthic communities are still not understood in Arctic waters (GLUD et al. 2009). In their review on Arctic microphytobenthos GLUD et al. (2009) came up with only ten peer-reviewed and three unpublished studies. Although based on a very small data set the authors nevertheless concluded that benthic diatoms contribute with up to 1.6×10^7 t C year⁻¹ signi-

ificantly to coastal ecosystem production (down to 30 m depth) in the Arctic. GLUD et al. (2002) were one of the first to document by direct measurements high biomass and high primary production of microphytobenthic assemblages in the Young Sound, a high Arctic fjord at the northeastern coast of Greenland. In their study microphytobenthos accounted about 40 % of total benthic primary production (60 % derived from seaweeds) under polar conditions, indicating an ecologically important role for trophic relationships at these high latitudes. In addition, at most shallow water stations studied the benthic microphytic production exceeded the pelagic production rates by a factor of 1.5 for water depths between 0 and 30 m (GLUD et al. 2009).

Measured primary production rates of benthic diatoms in Arctic waters are similar to those in temperate waters despite lower water temperatures (GLUD et al. 2002, 2009, WOELFEL et al. 2010). Most interesting is the observation that the relatively high microphytobenthic primary production rates are not negatively affected by increasing water depth and hence decreasing radiation availability down to 30 m. Benthic and other diatoms are capable to quickly and flexibly optimise their photosynthetic apparatus to the prevailing irradiance conditions (GLUD et al. 2002, KARSTEN et al. 2006, WILHELM et al. 2006). Although the summer primary production rates of Arctic benthic microalgae may be high, the annual rates are low because of the long periods of radiation limitation. The ice-free summer of 90 to 120 days reflects undoubtedly the main period for benthic production. GATTUSO et al. (2006) estimated that 25 % of the Arctic coastal seabed on average received >1 % of the surface irradiance during the five summer month and that a much larger fraction can be expected to occasionally receive irradiance of this magnitude. So far, not much is known to what extent Arctic benthic diatoms are able to cope with prolonged periods of low or even lacking radiation.

Assuming 90 days of an open water period, the yearly benthic gross primary production extrapolated to the whole Arctic region amounts to $1.1\text{--}1.6 \times 10^7 \text{ t C year}^{-1}$ (GLUD et al. 2009). This number seems low when compared to the existing estimates on the pelagic production of the Arctic Ocean ranging from 21 to $42 \times 10^7 \text{ t C year}^{-1}$ (SUBBA RAO & PLATT 1984, GOSSELIN et al. 1997). However, most of the benthic primary production is confined to regions with water depths shallower than 30–40 m which accounts for only ~10–14 % of the Arctic Ocean, and in those coastal areas the relative benthic contribution is correspondingly higher.

Growing directly at the sediment surface microphytobenthic assemblages can exploit nutrients released by the underlying biogeochemical mineralization processes and can thus deprive the pelagic community of nutrients. In contrast, pelagic phototrophs can better exploit the down welling irradiance as compared to communities constrained to a narrow zone on the sediment surface. Consequently, nutrient availability often regulates the relative importance of pelagic versus the benthic microalgal productivity (GLUD et al. 2009). Eutrophic conditions favour pelagic production rates, while oligotrophic settings favour benthic production (CHARPY-ROUBAUD & SOURINA 1990, MACINTYRE et al 1996). Even though numerous rivers discharge nutrient-enriched water into the Arctic Ocean and thus stimulate pelagic production that locally

reduces radiation availability for microphytobenthos (PARSONS & LALLI 1988, SPRINGER & MCROY 1993), Arctic coastal waters are generally pristine with low nutrient concentrations during summer.

ADAPTATIONS OF BENTHIC DIATOMS

Radiation acclimation

As described before, Arctic benthic diatoms generally live most of the time under low radiation conditions. However, these microalgae have been documented to adjust very efficiently their photosynthetic activity to current radiation conditions (KÜHL et al. 2001, WULFF et al. 2008, 2009). Photosynthesis in diatoms occurs in chloroplasts, which are endosymbiotic organelles derived during evolution from cyanobacteria. Since these eukaryotes acquired photosynthesis via endosymbiosis of another eukaryotic alga that already had plastids, the resulting organisms are chimaeras with major genomic contributions from two or even more sources (DELWICHE 2007). As a consequence of this genomic mixing the diatom lineage with specific and often unique physiological and biochemical properties evolved. Four diatom genomes have been sequenced so far (ARMBRUST 2009). The emerging picture is that the different species of diatoms are characterized by a complex combination of genes and metabolic pathways acquired from a variety of sources such as red algae, green algae, a chlamydial parasite and bacteria (ARMBRUST 2009). The consequences of this genetic mixture are reflected in specific biochemical capabilities. Diatoms, for example, combine an animal-like ability to generate chemical energy from the breakdown of fat with a plant-like ability to generate metabolic intermediates from this catabolic reaction (ARMBRUST 2009). Such a unique combination of a metabolic pathways probably allows diatoms to survive long periods of darkness in the polar regions or when temporarily buried in sediments. Numerous other examples of this mix-and-match compilation of characteristics reiterate the simple fact that diatoms are neither plant nor animals (ARMBRUST 2009).

The shade acclimation of benthic diatoms in Arctic shallow waters was exemplarily and experimentally documented by the low radiation requirements for growth in *Nitzschia cf. aurariae*, an abundant taxon, isolated from sediment cores of Kongsfjorden, Spitsbergen (Fig. 1). Under continuous irradiation this species exhibited already under $0.5 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a relatively high growth rate of 0.18 d^{-1} (Fig. 1). $4.6 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ are equivalent to approximately 1 W m^{-2} , i.e. these values represent extremely low radiation conditions. A small rise to $3 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ was accompanied by an almost 3-fold increase in growth (0.52 d^{-1}). Treatment with $10 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ led only to a small additional stimulation of the growth rate up to the maximum value of 0.61 d^{-1} . Further increases of the photon fluence rate to 20, 40 and $60 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ resulted in a linear decline of the growth response in *N. aurariae* (Fig. 1).

At $60 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ growth was even inhibited. *Nitzschia cf. aurariae* exposed to the same photon fluence rates under a photoperiod of 16 h light and 8 h darkness showed a different picture. Under all photon fluence rates tested the growth rates were always higher compared to the continuously

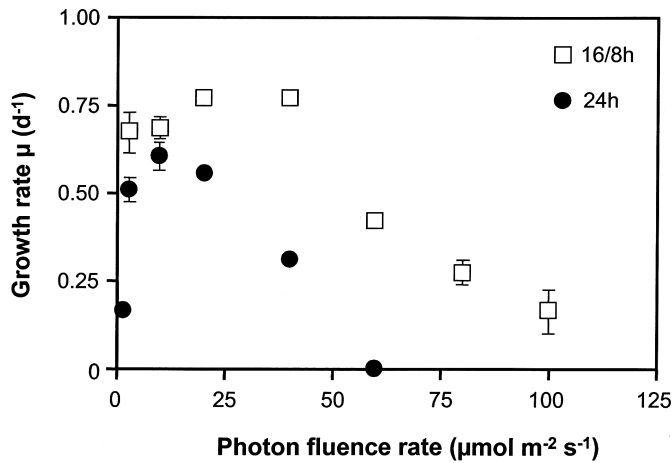


Fig. 1: The effect of increasing photon fluence rates on the growth rate of the benthic diatom *Nitzschia cf. aurariae* isolated from a sediment core of Kongsfjorden, Spitsbergen. This species was kept at 15 °C under continuous radiation or a 16h:8h light dark cycle. Growth rates were measured as increase in chlorophyll fluorescence according to GUSTAVS et al. (2009). Cells were grown in sterilized Baltic seawater enriched with sea salt (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Germany), vitamins and silicate resulting in a salinity of 33 PSU. Data shown represent mean values \pm SD (n = 3).

Abb. 1: Einfluss steigender Photonenfluenzraten auf das Wachstum der benthischen Diatomee *Nitzschia cf. aurariae*, die aus einem Sedimentkern aus dem Kongsfjord, Spitzbergen isoliert wurde. Diese Art wurde bei 15 °C im Dauerlicht oder einem 16h:8h Licht-Dunkel-Rhythmus gehaltet. Die Wachstumsrate wurde über die Zunahme der Chlorophyll Fluoreszenz bestimmt nach GUSTAVS et al. (2009). Die Zellen wuchsen in sterilisiertem Ostseewasser, welches mit Meersalz (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Deutschland), Vitaminen und Silikat auf eine Salinität von 33 PSU eingestellt wurde. Die dargestellten Daten entsprechen Mittelwerten \pm SD (n = 3).

irradiated samples, i.e. the highest rate amounted for 0.77 d⁻¹ (Fig. 1). In addition, the optimum shifted from 10 to 20-40 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Fig. 1). Further increases in photon fluence rate were also accompanied by a continuous decline of the growth in *N. aurariae*, but the rates under all conditions were higher compared to continuous irradiation, and the cells still grew at 100 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ with a rate of about 0.19 d⁻¹ (Fig. 1). The dark phase is generally important for all repair processes of radiation-induced damages.

The data are in agreement with those on two *Fragilaria* species isolated as epiphytes from Arctic macroalgae. Both diatom taxa grew also optimally already at very low photon fluence rates of 10-20 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Even at the lowest photon fluence rate tested (2 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$), half of the maximum growth rate could be measured (KARSTEN et al. 2006). Support for the shade acclimation of the few benthic diatoms studied so far in polar areas comes also from the low radiation requirements for photosynthesis. The benthic diatom *Trachyneis aspera* was growing at ambient radiation of less than 0.6 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (the limit of detection for the radiometer used) with saturated photosynthetic rates (E_k values) between 7 and 16 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PALMISANO et al. 1985). This species can also be strongly photo-inhibited already at 6-10 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (RIVKIN & PUTT 1987). Hence benthic diatoms in virtue of their low radiation requirements for photosynthesis, are capable to colonize deep bottoms at least down to 40 m (CAHOON 1999). In a more recent study by MCGEE et al. (2008), living benthic diatoms were found even down to 191 m water depth where the mid-day insolation averaged 0.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, representing <0.03 % of surface incident radiation.

The ability of Arctic benthic diatoms to acclimate not only to such extreme low-radiation conditions but also to high-radiation conditions has been shown in a number of studies mainly from Antarctica emphasising that polar benthic diatoms are very well adapted to fluctuating radiation conditions (WULFF et al. 2008). To cope with such highly variable radiation regime, diatoms have evolved various physiological mechanisms to guarantee photoprotection of their photosynthetic apparatus. Two processes for the regulation of a rapid switch from a light harvesting to a photoprotecting state have been reported in diatoms. One is the so-called non-photochemical fluorescence quenching. This mechanism involves the quenching of singlet excited state chlorophylls via enhanced internal conversion to the ground state of these pigments. As a consequence, excessively absorbed radiation energy is harmlessly dissipated as heat through molecular vibrations (WILHELM et al. 2006). Non-photochemical fluorescence quenching in diatoms is tightly coupled to the diadinoxanthin cycle, a xanthophyll cycle that consists in the conversion, under an excess of radiation, of diadinoxanthin into its de-epoxidised form diatoxanthin, and vice versa under low radiation conditions or darkness (WILHELM et al. 2006). The second process is the cycling of electrons around photosystem II and/or photosystem I (WILHELM et al. 2006). This is attributed to an electron transfer pathway from the plastoquinone pool or the acceptor side of photosystem II to the donor side of photosystem II. This process is accelerated at excess irradiance (WILHELM et al. 2006). Both mechanisms guarantee the safe dissipation of excessively absorbed radiation energy during a sudden rise in the incident light field. Structure, biochemistry and regulation of the photosynthetic apparatus in diatoms show various specific peculiarities which may be related to the chimaeran character of these organisms as described before. The consequences seem to be reflected in a rather unusual photosynthetic flexibility providing optimum photoprotection and rapid photoacclimation under fluctuating and highly variable radiation conditions, all of which well explaining the ecological success of diatoms in the oceans.

Besides photoregulatory and photoprotective mechanisms many, but not all benthic diatoms exhibit also a behavioural capability in response to changes of the light field, i.e. they are able to vertically migrate in the sediment-microphytobenthos matrix. Migration into deeper sediment layer may be an efficient and energy-saving mechanism to avoid photoinhibition or even photodamage.

Dark survival potential

In addition to their low radiation requirements for growth and photosynthesis polar benthic diatoms exhibit also a pronounced dark survival potential as they can live at least up to two months in complete darkness (WULFF et al. 2008), which may be beneficial when considering the polar night. In addition, benthic diatoms experience shifts to dark and partly anoxic conditions due to vertical migration into the sediment, and because of burial by bioturbating animals.

The photosynthetic apparatus of dark-incubated temperate pelagic diatoms seems to be impaired already after few weeks as is evident by a very long recovery phase after re-irradiation. In contrast, light harvesting for photosynthesis and growth can

quickly resume in their Antarctic pendants after the polar night (PETERS & THOMAS 1996). There are also reports that the survival of temperate diatoms can be enhanced by lowering the dark incubation temperature (ANTIA 1976). However, a systematic investigation of temperature effects on dark survival periods in benthic diatoms from the Arctic and Antarctica is lacking.

Experiments on the dark survival potential were performed with the Arctic benthic diatom *Nitzschia cf. aurariae*. This species was kept for more than 5 months in darkness and subsamples were re-irradiated each month under continuous low photon fluence rates ($10\text{--}15 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$). After 1, 2, 3 and 5 months dark incubation, *N. aurariae* exhibited within few days growth rates of $\mu = 0.2\text{--}0.4 \text{ d}^{-1}$ in the light pointing to a high capability to withstand the polar night (Fig. 2). However, the longer the dark incubation time the longer the lag-phase before optimum growth could be established again (Fig. 3). After 1, 2 and 3 months darkness the lag-phase only slightly increased to 3, 4 and 5 days, respectively. However, after 5 months treatment, it took 11 days under re-irradiation before *N. aurariae* grew (Fig. 3). Other benthic diatom species from Arctic waters such as *Fragilaria striatula* showed a 30–40 % reduction in chloroplast lengths after 3 months of dark incubation at 5°C , indicating the recruitment of energy for a maintenance metabolism through decomposition of organelle components (data not shown). Since the dark survival strategies of Arctic benthic diatoms are badly understood, a comprehensive and precise evaluation of the underlying mechanisms is currently carried out by the authors in the frame of a project funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). The mechanisms to be studied include the determination of the maximum survival period using various cell biological

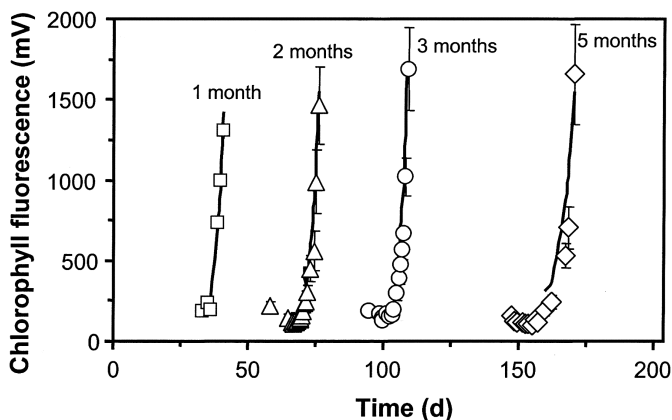


Fig. 2: Dark survival potential of *Nitzschia cf. aurariae* isolated from a sediment core of Kongsfjorden, Spitsbergen. Cells were kept at 5°C for 1, 2, 3 and 5 months in darkness followed by re-irradiation with low photon fluence rates ($10\text{--}15 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Growth rates were measured as increase in chlorophyll fluorescence according to GUSTAVS et al. (2009). Cells were grown in sterilized Baltic seawater enriched with sea salt (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Germany), vitamins and silicate resulting in a salinity of 33 PSU. Data represent mean values \pm SD ($n = 3$).

Abb. 2: Das Dunkelüberlebenspotential von *Nitzschia cf. aurariae*, die aus einem Sedimentkern aus dem Kongsfjord, Spitzbergen isoliert wurde. Die Zellen wurden bei 5°C für 1, 2, 3 und 5 Monate in Dunkelheit gehalten, und anschließend mit niedrigen Photonendensitäten wiederbestrahlt ($10\text{--}15 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Die Wachstumsrate wurde über die Zunahme der Chlorophyll Fluoreszenz bestimmt nach GUSTAVS et al. (2009). Die Zellen wuchsen in sterilisiertem Ostseewasser, welches mit Meersalz ((Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Deutschland), Vitaminen und Silikat auf eine Salinität von 33 PSU eingestellt wurde. Die dargestellten Daten entsprechen Mittelwerten \pm SD ($n = 3$).

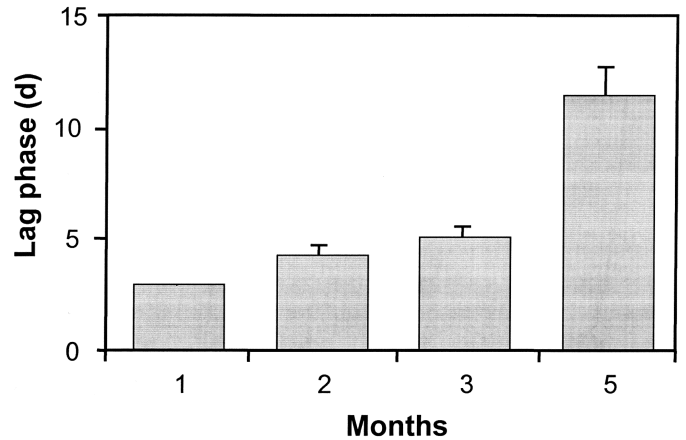


Fig. 3: Lag-phase for regain of growth in *Nitzschia cf. aurariae* isolated from a sediment core of Kongsfjorden, Spitsbergen. Cells were kept at 5°C for 1, 2, 3 and 5 months in darkness followed by re-irradiation with low photon fluence rates ($10\text{--}15 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Growth rates were measured as increase in chlorophyll fluorescence according to GUSTAVS et al. (2009). Cells were grown in sterilized Baltic seawater enriched with sea salt (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Germany), vitamins and silicate resulting in a salinity of 33 PSU. Data represent mean values \pm SD ($n = 3$).

Abb. 3: Lag-Phase (Verzögerungsphase) für das Wiedererlangen des Wachstums von *Nitzschia cf. aurariae*, die aus einem Sedimentkern aus dem Kongsfjord, Spitzbergen isoliert wurde. Die Zellen wurden bei 5°C für 1, 2, 3 und 5 Monate in Dunkelheit gehalten, und anschließend mit niedrigen Photonendensitäten wiederbestrahlt ($10\text{--}15 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Die Wachstumsrate wurde über die Zunahme der Chlorophyll Fluoreszenz bestimmt nach GUSTAVS et al. (2009). Die Zellen wuchsen in sterilisiertem Ostseewasser, welches mit Meersalz (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Deutschland), Vitaminen und Silikat auf eine Salinität von 33 PSU eingestellt wurde. Die dargestellten Daten entsprechen Mittelwerten \pm SD ($n = 3$).

markers as well as genetic markers using a transcriptomic approach such as the expression of functional genes involved in the degradation of storage compounds. The main question is to evaluate whether environmental changes such as the observed Arctic warming are indeed negatively affecting the dark survival potential of benthic diatoms, which would strongly reduce their ecological function as important primary producers with consequences for all higher trophic levels.

A new bacterial-like mechanism explaining how benthic diatoms may survive long periods of darkness was recently suggested by KAMP et al. (2011). These authors revealed a strong correlation between the dark survival potential and the ability to intracellularly accumulate NO_3^- . The stored NO_3^- is dissimilatorily reduced to ammonium in darkness, i.e. the diatoms seem to be capable to respire nitrate to keep their maintenance metabolism.

Temperature acclimation

Benthic diatoms in polar waters are preferentially growing in the subtidal on top of sediments at low, but relatively constant temperatures. As far as we know today, the temperature demand for growth of Arctic benthic diatoms is somewhat higher compared with endemic Antarctic species. Two *Fragilaria* species from the Arctic Kongsfjorden (Spitsbergen) with optimum growth rates at $12\text{--}14^\circ\text{C}$ grew still well but with reduced rates at 0°C and did not survive 20°C (KARSTEN et al. 2006). Similarly, *N. aurariae* from the same location grew between 5 and 15°C , did not grow at 0°C and died at 23°C (Fig. 4). The optimum growth temperature of *N. aurariae* was

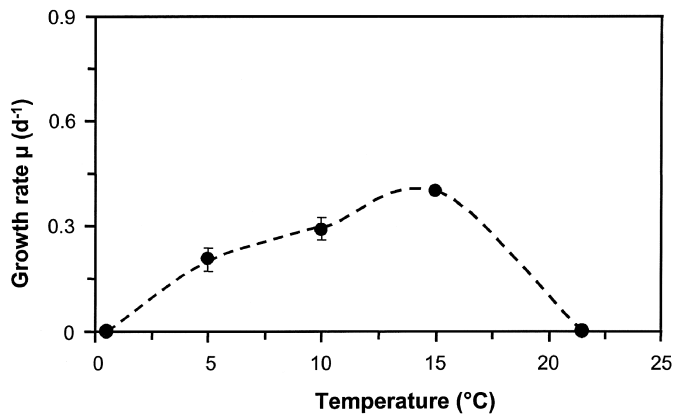


Fig. 4: The effect of increasing temperatures on the growth rate of the benthic diatom *Nitzschia cf. aurariae* isolated from a sediment core of Kongsfjorden, Spitsbergen. Growth rates were measured as increase in chlorophyll fluorescence according to GUSTAVS et al. (2009). Cells were grown in sterilized Baltic seawater enriched with sea salt (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Germany), vitamins and silicate resulting in a salinity of 33 PSU, and kept at 50 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ under a 16:8h light:dark cycle. Data represent mean values \pm SD (n = 3) and were fitted according to the model of BLANCHARD (1996).

Abb. 4: Einfluss steigender Temperaturen auf das Wachstum der benthischen Diatomee *Nitzschia cf. aurariae*, die aus einem Sedimentkern aus dem Kongsfjord, Spitzbergen isoliert wurde. Die Wachstumsrate wurde über die Zunahme der Chlorophyll Fluoreszenz bestimmt nach GUSTAVS et al. (2009). Die Zellen wuchsen in sterilisierten Ostseewasser, welches mit Meersalz (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Deutschland), Vitaminen und Silikat auf eine Salinität von 33 PSU eingestellt wurde, und bei 50 $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ unter einem 16h:8h Licht-Dunkel-Rhythmus gehältert. Die dargestellten Daten entsprechen Mittelwerten \pm SD (n = 3) und wurden nach dem Model von BLANCHARD (1996) gefittet.

at 15 °C, which clearly points to moderate temperature requirements.

Based on available data, Arctic benthic diatoms can be characterised as eurythermal and psychrotolerant microalgae (organisms tolerant of low growth temperatures). This seems to be in sharp contrast to a related Antarctic taxon, *Odontella liti-giosa*, which typically exhibited maximum growth at 0 °C and full inhibition of cell division already at 7-9 °C (LONGHI et al. 2003). Consequently, this studied Antarctic benthic diatom showed polar stenothermal and psychrophilic features (organisms with a requirement for low growth temperatures). Whether other Arctic and Antarctic benthic diatoms follow the respective temperature demand for growth is unknown, but already WIENCKE & TOM DIECK (1989, 1990) reported extremely low temperature requirements for growth and survival in macroalgae endemic to Antarctica compared to more temperate regions. Although the number of available data is small, it can be speculated that the conspicuous differences in the temperature requirements for growth in Arctic and Antarctic benthic diatoms are related to the much longer isolation and cold water history of the Southern polar region (at least 14 million years) compared to the Northern high latitudes (approximately 3.5 million years) (LONGHI et al. 2003), i.e. a longer exposure time and a higher degree of endemism in Antarctica. While the Antarctic benthic diatom taxa investigated are indeed characterised as endemic species, the respective information on strains from the Arctic is still missing. It is even still unclear, whether endemic Arctic benthic diatoms actually exist.

Diatoms obligatorily or facultatively associated to sea-ice are

able to withstand and partly even to grow at extremely low temperatures of -15 °C (MOCK & GRADINGER 1999). To successfully colonise low-temperature environments, polar benthic diatoms have developed a range of adaptive strategies. Such cold adaptation is required for the maintenance of all enzymatic activities. The photosynthetic key enzyme ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (RUBISCO), for example, has a poor catalytic efficiency at low temperatures, which, however, can be overcome by an increase in enzyme concentration (DEVOS et al. 1998), a phenomenon known as quantitative strategy (LESSER & KRUSE 2004). Other adaptive mechanisms to low temperatures include the evolution of cold shock and antifreeze proteins, the modulation of the kinetics of key enzymes as well as the development of more fluid biological membranes by the accumulation of polyunsaturated fatty acyl chains (MORGAN-KISS et al. 2006). In association with some sea-ice diatoms, such as *Navicula glaciei*, extracellular, secreted proteins are described to have an affinity for ice crystals (JANECH et al. 2006, RAYMOND & FRITSEN 2001). Ice-binding proteins do not lower the freezing point. They rather seem to prevent membrane damages by inhibiting the recrystallisation of ice and, hence, may act as effective structural cryoprotectants (JANECH et al. 2006). Various benthic diatoms from polar waters are known to contain high concentrations of low-molecular weight solutes acting as organic anti-freezing substances such as the amino acid proline (THOMAS & DIEKMANN 2002).

Salinity acclimation

In contrast to the relatively constant salinity throughout all open oceans, it may strongly vary in Arctic near-shore waters where river freshwater or melt water particularly during summer mixes with marine water bodies. Here horizontal and vertical gradients between freshwater and fully marine conditions can be measured. In addition, tidal flows, hydrological conditions, wind, precipitation and evaporation strongly influence salt concentration of the respective water body. Consequently, salinity is typically a local and in the Arctic a seasonal parameter that can be highly variable in coastal regions. The effect of salinity on benthic diatoms and other algae from Arctic and Antarctic waters is generally badly studied in strong contrast to temperate regions (KIRST & WIENCKE 1995). While temperate algae from the intertidal zone are generally euryhaline, subtidal organisms are more stenohaline.

The Arctic *Nitzschia cf. aurariae* grew between 15 and 45 PSU (Fig. 5). While the growth rates were maximal between 20 and 40 PSU with a preference for slightly hyposaline conditions, growth was inhibited at 10 and 50 PSU (Fig. 5). This species exhibited a growth patterns under the different salinities, which can be characterised as moderate euryhaline. The underlying mechanisms, such as osmotic acclimation, have not been studied so far in Arctic benthic diatoms. In contrast, ice-associated diatoms trapped in the brine channels may experience salinities three times that of seawater. These algae synthesise and accumulate high concentrations of the organic osmolytes and compatible solutes proline, mannitol, glycine-betaine and/or dimethyl sulphoniopropionate (DMSP) in response to hypersaline conditions (THOMAS & DIEKMANN 2002).

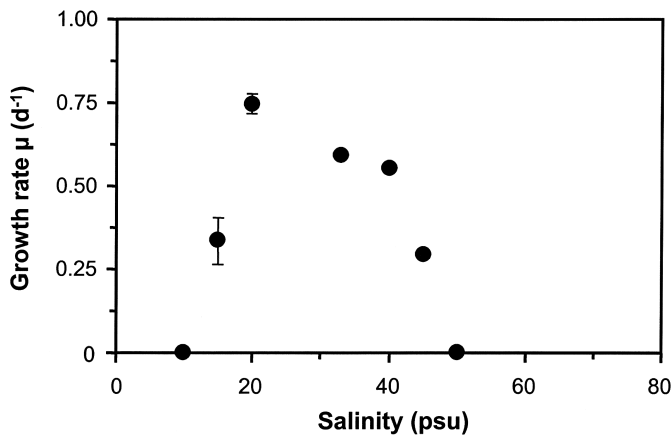


Fig. 5: The effect of increasing salinities on the growth rate of the benthic diatom *Nitzschia cf. aurariae* isolated from a sediment core of Kongsfjorden, Spitsbergen. Cultures were incubated at continuous $50 \mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and 15°C . Growth rates were measured as increase in chlorophyll fluorescence according to GUSTAVS et al. (2009). Cells were grown in sterilized Baltic seawater enriched with sea salt (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Germany), vitamins and silicate or diluted with distilled water resulting in different saline media. Data shown represent mean values \pm SD ($n=5$).

Abb. 5: Einfluss steigender Salzgehalte auf das Wachstum der benthischen Diatomee *Nitzschia cf. aurariae*, die aus einem Sedimentkern aus dem Kongsfjord, Spitzbergen isoliert wurde. Kulturen wurden unter Dauerstrahlung bei $50 \mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$ und 15°C gehaltet. Die Wachstumsrate wurde über die Zunahme der Chlorophyll Fluoreszenz bestimmt nach Gustavs et al. (2009). Die Zellen wuchsen in sterilisiertem Ostseewasser, welches mit Meersalz (Sel marin hw professional, Wiegandt GmbH, Krefeld, Deutschland), Vitaminen und Silikat auf verschiedene Salinitäten aufgesalzen oder mit destilliertem Wasser verdünnt wurde. Die dargestellten Daten entsprechen Mittelwerten \pm SD ($n=3$).

CONCLUSION AND OUTLOOK

The shallow water region of the Arctic Ocean is dominated by benthic diatoms, which are ecologically very important because of their high primary production during polar day and further functions. However, the entire Arctic region is grossly under-sampled and hence further field studies are urgently needed, particularly in the huge Russian sector.

From the few data available on their physiological performance, it can be concluded that these microalgae can easily cope with very low and high as well as variable radiation conditions. Photosynthesis and growth can quickly be adapted and follow the prevailing photon fluence rates. This pronounced photophysiological flexibility well explains survival and performance under the often radiation-limiting and radiation-fluctuating conditions in the Arctic. On the other hand, sudden exposure to high irradiances can also be compensated by photoprotective and, in some species, behavioural (vertical migration) mechanisms. In addition, Arctic benthic diatoms seem to be capable to survive the polar night. However, the underlying biochemical and molecular mechanisms are not well understood. If environmental changes, such as the observed Arctic warming, are negatively affecting the dark survival potential of benthic diatoms during the polar night, their ecological functions might be strongly reduced.

The few Arctic benthic diatoms studied in detail typically exhibit temperature requirements for growth between 10 and 15°C and, thus, can be characterised as polar eurythermal organisms. In contrast, their Antarctic pendants can be charac-

terised as polar stenothermal species. If these typical differences in the temperature requirements of benthic diatoms from Arctic and Antarctic waters can be confirmed by more comprehensive studies, they could be explained by the much shorter cold water history of the Northern polar region in conjunction with a low degree of endemism compared to the Southern high latitudes.

The sea-ice cover in the Arctic is rapidly declining (SERREZE et al. 2007) and given the tight coupling between sea-ice cover and marine primary production (RYSGAARD et al. 1999) this is expected to stimulate Arctic production. ARRIGO et al. (2008) estimated that the pelagic production of the Arctic Ocean has enhanced by 5-6 % annually in recent years as a consequence of the increased radiation availability. Increased radiation availability is expected to further rise the competition for nutrients and it is reasonable to speculate that benthic primary production may consequently be stimulated significantly more than the pelagic production in the Arctic coastal region (GLUD et al. 2009). However, climate change confronts Arctic shallow water regions with multifactorial stressors, such as predicted increase in precipitation and permafrost thawing. Both will surely increase nutrient-enriched, turbid freshwater runoff and may locally counteract the expected increase in coastal radiation availability. So far complex factor interactions, as well as the full genetic diversity and physiological plasticity of Arctic benthic diatoms are rarely considered.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Mandy Rickler for providing and Rhena Schumann for processing some of the ecophysiological data. The fieldwork has been performed at the Ny-alesund International Arctic Environmental Research and Monitoring Facility. The authors thank the crew and divers at the AWIPEV-base in Ny alesund for technical support. We greatly appreciate financial support by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (Projects Ka 899/12-1/2/3 and Ka 899/15-1/2) and by ARCFAC V (project nr. 026129-70). Finally the authors greatly appreciate the helpful comments of both reviewers which improved the first version of the manuscript.

References

- Antia, N.J. (1976): Effects of temperature on the darkness survival of marine microplanktonic algae.- *Microb. Ecol.* 3: 41-54.
- Armbrust, E.V. (2009): The life of diatoms in the world's oceans.- *Nature* 459: 185-191.
- Arrigo, K.R., van Dijken, G. & Pabi, S. (2008): Impact of a shrinking Arctic ice cover on marine primary production.- *Geophys. Res. Lett.* 35: 1-6.
- Cahoon, L.B. (1999): The role of benthic microalgae in neritic ecosystems.- *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 37: 47-86.
- Chapman, A.R.O. & Lindley, J.E. (1980): Seasonal growth of *Laminaria longicruris* in the High Arctic in relation to irradiance and dissolved nutrient concentration.- *Mar. Biol.* 57: 1-5.
- Charpy-Roubaud, C. & Sourina, A. (1990): The comparative estimation of phytoplanktonic, microphytobenthic and macrophytobenthic primary production in the oceans.- *Mar. Microb. Food webs* 4: 31-57.
- DeBrouwer, J.F.C., Wolfstein, K., Ruddy, G.K., Jones, T.E.R. & Stal, L.J. (2005): Biogenic stabilization of intertidal sediments: the importance of extracellular polymeric substances produced by benthic diatoms.- *Microb. Ecol.* 49: 501-512.
- Delwiche, C.F. (2007): Algae in the warp and weave of life: bound by plastids.- In: J. Brodie & J. Lewis (eds), *Unravelling the algae – the past, present, and future of algal systematics*, CRC Press, 7-20.
- Devos, N., Ingouff, M., Loppes, R. & Matagne, R.F. (1998): RUBISCO adaptation to low temperatures: a comparative study in psychrophilic and meso-

- philic unicellular algae.- *J. Phycol.* 34: 655-660.
- Dunne, R.P. & Brown, B.E. (1996): Penetration of solar UVB radiation in shallow tropical waters and its potential biological effects on coral reefs; results from the central Indian Ocean and Andaman Sea.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 144: 109-118.
- Dunton, K.H. (1990): Growth and production in *Laminaria solidungula*: relation to continuous underwater light levels in the Alaskan high Arctic.- *Mar. Biol.* 106: 297-304.
- Falkowski, P.G. & Raven, J.A. (2007): Aquatic Photosynthesis.- Princeton University Press.
- Gattuso, J.P., Gentili, B., Duarte, C.M., Kleypas, J.A., Middelburg, J.J. & Antoine, D. (2006): Light availability in the coastal Ocean: impact on the distribution of benthic photosynthetic organisms and their contribution to primary production.- *Biogeosci.* 3: 489-513.
- Glud, R.N., Kühl, M., Wenzhöfer, F. & Rysgaard, S. (2002): Benthic diatoms of a high Arctic fjord (Young Sound, NE Greenland): importance for ecosystem primary production.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 238: 15-29.
- Glud, R.N., Woelfel, J., Karsten, U., Kühl, M. & Rysgaard, S. (2009): Benthic microalgal production in the Arctic: Applied methods and status of the current database.- *Bot. Mar.* 52: 559-571.
- Gosselin, M., Levasseur, M., Wheeler, P.A., Horner, R.A. & Booth, B.C. (1997): New measurements of phytoplankton and ice algal production in the Arctic Ocean.- *Deep Sea Res. Part II* 44:1623-1644.
- Gustavs, L., Schumann, R., Eggert, A. & Karsten, U. (2009): In vivo growth fluorometry: accuracy and limits of microalgal growth rate measurements in ecophysiological investigations.- *Aquat. Microb. Ecol.* 55: 95-104.
- Gutt, J. (2001): On the direct impact of ice on marine benthic communities, a review.- *Polar Biol.* 24: 553-564.
- Hanelt, D., Tügg, H., Bischof, K., Gross, C., Lippert, H., Sawall, T. & Wiencke, C. (2001): Light regime in an Arctic fjord: a study related to Stratospheric Ozone depletion as a basis for determination of UV effects on algal growth.- *Mar. Biol.* 138: 649-658.
- Hsiao, S.I.C. (1988): Spatial and seasonal variations in primary production of sea-ice microalgae and phytoplankton in Frobisher Bay, Arctic Canada.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 44: 275-285.
- Jakobsson, M.R., Macnab, R., Mayer, L., Andersson, R., Edwards, M., Hatzky, J., Schenke, H.W. & Johnson, P. (2008): An improved bathymetric portrayal of the Arctic Ocean: implications for ocean modeling and geological, geophysical and oceanographic analysis.- *Geophys. Res. Lett.* doi: 10.1029/2008/2008gl033520
- Janech, M.G., Krell, A., Mock, T., Kang, J.S. & Raymond, J.A. (2006): Ice-binding proteins from sea ice diatoms (Bacillariophyceae).- *J. Phycol.* 42: 410-416.
- Jerlov, N.G. (1976): Marine optics.- Elsevier, Amsterdam.
- Kamp, A., de Beer, D., Nitsch, J.L., Lavik, G. & Stief, P. (2011): Diatoms respire nitrate to survive dark and anoxic conditions.- *Proc. Nat. Acad. Sci.* doi/10.1073/pnas.1015744108
- Karsten, U., Schumann, R., Rothe, S., Jung, I. & Medlin, L. (2006): Temperature and light requirements for growth of two diatom species (Bacillariophyceae) isolated from an Arctic macroalga.- *Polar Biol.* 29: 476-486.
- Kirst, G.O. & Wiencke, C. (1995): Ecophysiology of polar algae.- *J. Phycol.* 31: 181-199.
- Kühl, M., Glud, R.N., Borum, R., Roberts, R. & Rysgaard, S. (2001): Photosynthetic performance of surface-associated algae below sea ice as measured with a pulse-amplitude-modulated (PAM) fluorometer and O₂ microsensors.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 223: 1-14.
- Lesser, M.P. & Kruse, V.A. (2004): Seasonal temperature compensation in the horse mussel, *Modiolus modiolus*: metabolic enzymes, oxidative stress and heat shock proteins.- *Comp. Biochem. Physiol., A: Mol. Integr. Physiol.* 137: 495-504.
- Longhi, M.L., Schloss, I.R. & Wiencke, C. (2003): Effect of irradiance and temperature on photosynthesis and growth of two Antarctic benthic diatoms, *Gyrosigma subsalinum* and *Odontella litigiosa*.- *Bot. Mar.* 46: 276-284.
- Lüning, K. (1990): Seaweeds. Their environment, biogeography and ecophysiology.- John Wiley, Sons, Inc., New York, 1-527.
- Lukovich, J.V. & Barber, D.G. (2007): On the spatiotemporal behaviour of sea ice concentration anomalies in the Northern hemisphere.- *J. Geophys. Res. (D Atmos.)*, 112: no D13.
- MacIntyre, H.L., Geider, R.J. & Miller, D.C. (1996): Microphytobenthos: the ecological role of the "secret garden" of unvegetated, shallow-water marine habitats. I. Distribution, abundance and primary production.- *Estuar.* 19: 186-201.
- McGee, D., Laws, R.A. & Cahoon, L.B. (2008): Live benthic diatoms from the upper continental slope: extending the limits of marine primary production.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 356: 103-112.
- Menard, H. & Smith, S.M. (1966): Hypsometry of ocean basin provinces.- *J. Geophys. Res.* 71: 4305-4325.
- Mock, T. & Gradinger, R. (1999): Determination of Arctic ice algae production with a new in situ incubation technique.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 177: 15-26.
- Mock, T. & Valentin, K. (2004): Photosynthesis and cold acclimation – molecular evidence from a polar diatom.- *J. Phycol.* 40: 732-741.
- Morgan-Kiss, R.M., Priscu, J.C., Pockock, T., Gudynaite-Savitch, L. & Huner, N.P.A. (2006): Adaptation and acclimation of photosynthetic microorganisms to permanently cold environments.- *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 70: 222-252.
- Orheim, O., Allegrini, I., Boissonnas, J., Drewry, D., Gascard, J.C., Hedberg, D., Müller-Wille, L., Prestrud, P., Sors, A. & Tیلز, M. (1995): European research in the Arctic – looking ahead.- Norsk Polarinstittut, Oslo.
- Palmisano, A.C., Soohoo, J.B., White, D.C., Smith, G.A., Stanton, G.A. & Burckle, G.R. (1985): Shade adapted benthic diatoms beneath Antarctic sea ice.- *J. Phycol.* 21: 664-667.
- Parsons, T.R. & Lalli, C.M. (1988): Comparative oceanic ecology of the plankton communities of the Subarctic Atlantic and Pacific Oceans.- *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 26: 317-359.
- Peters, E. & Thomas, D.N. (1996): Prolonged darkness and diatom mortality. I: Marine Antarctic species.- *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 207: 25-41.
- Piepenburg, D., Blackburn, T.H., von Dorrien, C.F., Gutt, J., Hall, P.O.J., Hulth, S., Kendall, M.A., Opalinski, K.W., Rachor, E. & Schmid, M.K. (1995): Partitioning of benthic community respiration in the Arctic (northwestern Barents Sea).- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 118: 199-213.
- Polyakov, I.V., Beszczynska, A., Carmack, E.C., Dmitrenko, I.A., Fahrback, E., Frolov, I.E., Gerdes, R., Hansen, E., Hølfort, J., Ivanov, V.V., Johnson, M.A., Karcher, M., Kauker, F., Morison, J., Orvik, K.A., Schauer, U., Simmons, H.L., Skagseth, Ø., Sokolov, V.T., Steele, M., Timokhov, L.A., Walsh, D. & Wals, J.E. (2005): One more step toward a warmer Arctic.- *Geophys. Res. Lett.* 32: L17605, doi: 10.1029/2005GL023740.
- Raymond, J.A. & Fritsen, C.H. (2001): Semipurification and ice recrystallization inhibition activity of ice-active substances associated with Antarctic photosynthetic organisms.- *Cryobiol.* 43: 63-70.
- Rigor, I.G., Colony, R.L. & Martin, S. (2000): Variations in surface air temperature observations in the Arctic, 1979-97.- *J. Climate* 13: 896-914.
- Risgaard-Petersen, N., Rysgaard, S., Nielsen, L.P. & Revsbech, N.P. (1994): Diurnal variation of denitrification and nitrification in sediments colonized by benthic microphytes.- *Limnol. Oceanogr.* 39: 573-579.
- Rivkin, R.B. & Putt, M. (1987): Photosynthesis and cell division by Antarctic microalgae: comparison of benthic, planktonic and ice algae.- *J. Phycol.* 23: 223-229.
- Round, F.E. & Crawford, R.M. (1990): The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera.- Cambridge University Press, UK, xx-xx.
- Rysgaard, S., Thamdrup, B., Risgaard-Petersen, N., Fossing, H., Berg, P., Bondo, P.B. & Dalsgaard, T. (1998) Seasonal carbon and nutrient mineralisation in a high-Arctic coastal marine sediment, Young Sound, NE Greenland.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 175: 261-276.
- Rysgaard, S., Nielsen, T.G. & Hansen, B.W. (1999): Seasonal variation in nutrients, pelagic primary production and grazing in a high-Arctic coastal marine ecosystem, Young Sound, NE Greenland.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 179: 13-25.
- Sejr, M.K., Jensen, K.T. & Rysgaard, S. (2000): Macrozoobenthic structure in a high-Arctic east Greenland fjord.- *Polar Biol.* 23: 792-801.
- Serreze, M.C., Holland, M.M. & Stroeve, J. (2007): Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover.- *Science* 315: 1533-1536.
- Springer, A.M. & McRoy, C.P. (1993): The paradox of pelagic food webs in the northern Bering Sea. III. Patterns of primary production.- *Cont. Shelf Res.* 13: 575-579.
- Subba-Rao, D.V. & Platt, T. (1984): Primary production of Arctic waters.- *Polar Biol.* 3: 191-201.
- Thomas, D.N. & Dieckmann, G.S. (2002): Antarctic sea ice – a habitat for extremophiles.- *Science* 295: 641-644.
- Wiencke, C. & tom Dieck, I. (1989): Temperature requirements for growth and temperature tolerance of macroalgae endemic to the Antarctic region.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 56: 189-197.
- Wiencke, C. & tom Dieck, I. (1990): Temperature requirements for growth and survival of macroalgae from Antarctica and southern Chile.- *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 59: 157-170.
- Wiencke, C. (2004): The coastal ecosystem of Kongsfjorden, Svalbard. Synopsis of biological research performed at the Koldewey Station in the years 1991-2003.- *Rep. Polar Mar. Res.* 492: 1-244.
- Wilhelm, C., Büchel, C., Fisahn, J., Goss, R., Jakob, T., LaRoche, J., Lavaud, J., Lohr, M., Riebesell, U., Stehfest, K., Valentin, K. & Kroth, P.G. (2006): The regulation of carbon and nutrient assimilation in diatoms is significantly different from green algae.- *Protist* 157: 91-124.
- Woelfel, J., Schumann, R., Leopold, P., Wiencke, C. & Karsten, U. (2009): Microphytobenthic biomass along gradients of physical conditions in Arctic Kongsfjorden, Svalbard.- *Bot. Mar.* 52: 573-583.
- Woelfel, J., Schumann, R., Peine, F., Kruss, A., Tegowski, J., Blondel, P., Flohr, A., Wiencke, C. & Karsten, U. (2010): Microphytobenthos of Arctic Kongsfjorden (Svalbard, Norway) – Quantification of ex situ primary production by use of incubation chambers equipped with planar optode spots and structural analyses of biomass.- *Polar Biol.* 33: 1239-1253.
- Wulff, A., Røleda, M.Y., Zacher, K. & Wiencke, C. (2008): Exposure to sudden light burst after prolonged darkness - A case study on benthic diatoms in Antarctica.- *Diatom Res.* 23: 519-532.
- Wulff, A., Iken, K., Quartino, M.L., Al-Handal, A., Wiencke, C. & Clayton, M.N. (2009): Biodiversity, biogeography and zonation of benthic micro- and macroalgae in the Arctic and Antarctic.- *Bot. Mar.* 52: 491-507.

Extreme Variations of the Arctic Ocean during and after IPY 2007/2008

by Leonid Timokhov¹, Igor Ashik¹, Igor Dmitrenko², Jens Hoelemann³, Heidemarie Kassens², Sergey Kirillov¹, Igor Polyakov⁴ and Vladimir Sokolov¹

Abstract: Large-scale features of Arctic Ocean temperature and salinity distributions observed during 2007-2009 are described and discussed in the context of historical observation in order to document long-term variations. Oceanographic observations carried out in the frame of the International Polar Year (IPY 2007/2008) demonstrated unique conditions in the Arctic Ocean and seas during that period. For example, analyses of upper ocean temperature and salinity patterns 2007-2009 revealed an apparent frontal zone separating the Eurasian and Canadian Basins. We found that after 2007 the temperature and salinity trends of the surface layer of the Arctic Ocean followed the same trajectory as in the past, however their regional distribution and intensity changed. The average salinity in the surface 5-50 m layer of the Eurasian Basin in winter of 2007-2009 was higher than in the 1950s and 1970s, but did not exceed the average salinity in the early 1990s. In the Canadian Basin, the upper ocean salinity in 2007-2009 was much lower than in the 1950s-1960s. Volumetric analysis of water masses demonstrated a general increase of volume of the intermediate (150-900 m depth range) Atlantic Water (AW) temperature, with substantial rise of the upper boundary of the AW. The thermal expansion of AW in the Arctic Basin is unique during the last 20 years. The most distinct variations of the hydrographic conditions were observed in the Canadian Basin. In general, the maximum of the AW temperature decreased in 2009 relative to 2007 and the upper boundary became shallower by 50 to 150 m the Eurasian Basin. The AW salinity in 2007-2009 was not exceptional during the IPY. Observations in the deeper layers indicated that the bottom waters have become slightly warmer and less saline.

Zusammenfassung: Die großskalige Temperatur- und Salinitätsverteilung im Nordpolarmeer zwischen 2007 und 2009 wurde untersucht um im Vergleich mit historischen Daten langfristige Veränderungen aufzuzeigen. Im Verlauf des Internationalen Polarjahres (IPY 2007/2008) und nachfolgend durchgeführte ozeanographische Beobachtungen dokumentieren einzigartige Prozesse im gesamten Arktischen Becken und in den arktischen Randmeeren. So zeigt die Temperatur- und Salinitätsverteilung der Oberflächenschicht in den Jahren 2007-2009 ein deutliches Frontengebiet zwischen dem Eurasischen Becken und dem Kanadischen Becken. Nach 2007 blieben zwar die Temperatur- und Salinitätstrends in der Oberflächenschicht des Nordpolarmees dieselben wie zuvor, allerdings änderte sich ihre Intensität und regionale Verteilung. Die mittleren Salinitäten in der oberen Schicht von 5-50 m im Eurasischen Becken waren in den Jahren 2007-2009 im Winter höher als in den 1950er und 1970er Jahren, überschritten jedoch nicht die mittlere Salinität der frühen 1990er Jahre. Im Kanadischen Becken waren die Salinitätswerte der Oberflächenschicht in den Jahren 2007-2009 viel niedriger als in den 1950er und 1960er Jahren.

Eine volumetrische Analyse der Wassermassen zeigt einen allgemeinen Temperaturanstieg des Atlantischen Zwischenwassers im Arktischen Becken (Tiefe 150-900 m), und die obere Grenze der Atlantischen Wassermassen stieg auf äußerst geringe Tiefen an. Die Ausbreitung des warmen Atlantischen Wassers im Arktischen Becken in den vergangenen 20 Jahren ist einzigartig. Besonders ausgeprägte Schwankungen der hydrographischen Bedingungen wurden im Kanadischen Becken beobachtet. Im Jahr 2009 waren die maximalen Temperaturen des Atlantischen Wassers niedriger als 2007 und die obere Grenze des Atlantischen Wassers im Eurasischen Becken lag 50-150 m näher an der Meeresoberfläche. In den Jahren 2007-2009 lag die Salinität des Atlantischen Wassers im Bereich der früher beobachteten Werte und zeigt keine signifikante Veränderung während des IPY. Das Bodenwasser in tieferen Gebieten ist leicht wärmer und weniger salzhaltig geworden.

¹ Arctic and Antarctic Research Institute – AARI, Beringa st. 38, St. Petersburg 1993397, Russian Federation; <ltim@aaari.nw.ru>

² Helmholtz Centre for Ocean Research – GEOMAR, Wischhofstrasse 1-3, D-24148 Kiel, Germany.

³ Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research – AWI –, Am Handelshafen 12, D-27570 Bremerhaven, Germany.

⁴ International Arctic Research Center – IARC, PO Box 757335, 930 Koyukuk Drive, Fairbanks AK 99775, USA.

INTRODUCTION

The Arctic plays an important role in the global climate system. The Arctic ice cover controls the high-latitude heat balance, reducing the heat exchange between the atmosphere and the ocean and influencing the atmospheric processes through changing albedo (e.g., SERREZE & FRANCIS 2006). Oceanic freshwater transfers across the Arctic reduce the salinity contrast between the Atlantic and Pacific, and thus link large parts of the global ocean system (SERREZE et al. 2006). Export of Arctic ice and freshwater to low latitudes is an efficient regulator for the intensity of large-scale deepwater formation and as such for the global thermohaline circulation (AAGAARD & CARMACK 1994).

Studies from a variety of disciplines document changes in the northern high-latitude environment during the last decades (e.g., LINDSAY et al. 2009, BELCHANSKY et al. 2008, MEIER et al. 2007, POLYAKOV et al. 2005, WALSH & CHAPMAN 2001, STROEVE et al. 2008, COMISO et al. 2008). An intensified warm air inflow from the Atlantic caused an atmospheric pressure decrease, that was not observed earlier and increase of the vorticity of the wind field in the central Arctic in the 1980-1990s (WALSH et al. 1996). The number of the cyclones reaching the Arctic regions from the Northern Atlantic has significantly increased since the end of last century (SERREZE et al. 2000). The frequency of cyclones in the Siberian shelf seas has shown for the period 1983-2004 an average increase of 37 % in summer and 15 % in autumn if compared with the period from 1960 until 1982 (KURAZHOV et al. 2007). The atmospheric circulation regime in the late 1980s changed towards a decrease of the high-latitude zonal index over the circumpolar zone of the northern hemisphere (DMITRIYEV 2007). An analysis of air temperature in the Arctic for the period 1979-1990, that was obtained from drifting buoys, the “North Pole” (NP) stations and coastal monitoring stations has also revealed a warming trend with a rate of up to 1 °C per decade (RIGOR et al. 2000). The warming occurred simultaneously to an increase of the downward ultraviolet radiation (KUANG & YUNG 2000).

The ice cover responded to changes in the atmospheric processes during the 1980s and 1990s by a decrease of the overall volume of polar drifting ice. This was caused by a decrease of the areal extent of the sea ice of about 3 % per decade (PARKINSON et al. 1999), and a reduction of Arctic sea-ice thickness by 1.3 m since the 1960s (ROTHROCK et al. 1999). The sea-ice extent of the Arctic seas, which has increased since the 1960s began to decrease rapidly by the end of the last century (FROLOV et al. 2007).

The sign of the average salinity trend in the surface layer changed: whereas increasing salinity was observed in the Canadian Basin (Fig. 1) from 1950 to 1989 freshening occurred in the following years. In contrast freshening in the transarctic drift zone changed to increasing salinity (GUDKOVICH et al. 2004). STEELE & BOYD (1998) documented the salinity increase in the surface layer of the Eurasian Basin and the thinning of the Arctic cold halocline. There was an increased inflow of intermediate water of Atlantic origin (AW) along the continental slope of the Eurasian Basin deep into the Arctic Ocean and further to the Canadian Basin (QUADFASSEL et al. 1991, CARMACK et al. 1995), causing a displacement of the frontal area between waters of Atlantic and Pacific origin in the central Arctic (CARMACK et al. 1995, McLAUGHLIN et al. 1996).

In the late 1990s, temperatures of the AW layer were back to their climatologic values (e.g., MORISON et al. 2006). The annual surface air temperature anomalies within the 72-85° N zonal belt relative to 1893-2004 began to increase from zero in 1999 to 1.1 °C in 2000. In 2005, the anomaly reached a record maximum of 1.8 °C (3.6 σ) (KURAZHOV et al. 2007, FROLOV 2011). In 2002, a record minimum in the Arctic sea-ice extent and area was documented (SERREZE et al. 2002) and in 2005, a record minimum in sea-ice extent was observed in the Arctic marginal seas (FROLOV et al. 2007). Beginning from 2003-2004, the AW temperature in the Eurasian Basin began again to increase to values never observed before. A large AW temperature increase looked like as if a new step of Arctic warming has been taken (POLYAKOV et al. 2005). 2007 was even more extreme. Starting in spring 2007, meridional winds from the south dominated the wind regime in the region of the coasts of Siberia and Alaska, resulting in high positive anomalies of air temperature in the Arctic reaching in August +8 °C

(FROLOV 2011). Heat fluxes to the ice and wind forcing caused an intense melting of sea ice, the breaking of ice into smaller floes, and a rapid retreat of the ice edge to the north. As a consequence the areal extent of the ice cover in the Arctic Ocean was reduced to an extremely low value (STROEVE et al. 2008, FROLOV 2011). The strongest decrease of the sea-ice extent was observed in the Canadian Basin. In the Pacific part of the Arctic Ocean, a large area, which was previously covered with drifting ice, became ice-free. The seasonal ice retreat broke all historic records since the beginning of instrumental observations (e.g., COMISO et al. 2008, STROEVE et al. 2008).

Although anomalous atmospheric forcing was clearly an important factor in the 2007 sea-ice reduction (ZHANG et al. 2008), the changes might not have been as dramatic if the Arctic ice had not been weakened over the several preceding decades. A sea-ice thinning in the central basin of about 1 m during the period from 1987 to 1997 has been reported by ROTHROCK et al. (2003). In addition to this thinning, the perennial ice fraction observed in March declined from roughly 5.53 10^6 km² in 1970 to 4.03 10^6 km² in 2002 and further to 2.63 10^6 km² in 2007 (NGHIEM et al. 2007) This observed reduction in Arctic sea ice is a result of a complex interaction between the dynamics and thermodynamics of the atmosphere, the sea ice, and the ocean (POLYAKOV et al. 2011).

The causes of the dramatic reduction of the Arctic ice cover in 2007 and during the following years have been examined in many publications (see references in ARCTIC REPORT CARD 2011). But fewer publications are concerned with the hydrography of the Arctic Ocean itself. The present paper reviews observational evidence of the high variability of the Arctic Ocean during the last decade. While acknowledging that sea

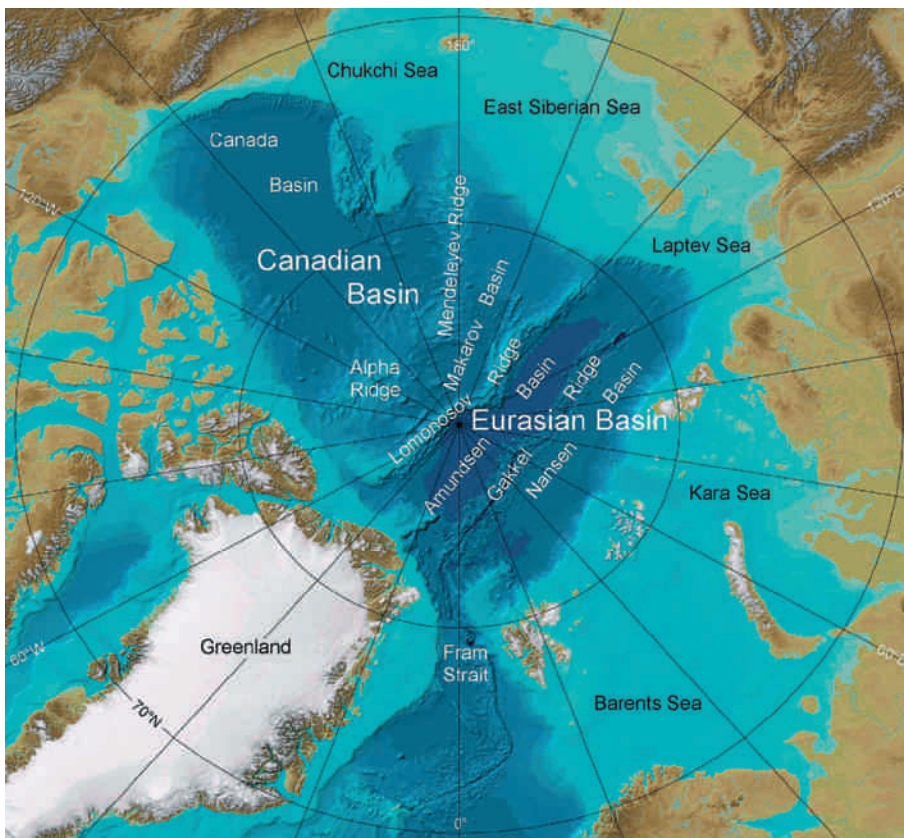


Fig. 1: Outline map of the Arctic Ocean showing major structural units and names referred to in the text. The Arctic Ocean basin is divided into the Eurasian and Canadian basins by the Lomonosov Ridge. The Eurasian Basin includes Nansen and Amundsen basins separated by the Nansen Gakkel Ridge, roughly parallel to the Lomonosov Ridge. The Canadian Basin is divided into the Makarov and Canada basins by the Alpha-Mendeleyev ridges. Map source: <www.ibcao.org>

Abb. 1: Der Arktische Ozean in der Übersicht mit den wesentlichen Struktureinheiten, auf die im Text Bezug genommen wird. Kanadisches Becken und Eurasisches Becken werden durch den Lomonosovrücken getrennt. Das Eurasische Becken umfasst das Nansenbecken und Amundsenbecken, die vom Gakkelrücken getrennt werden. Das Kanadische Becken wird vom Alpha-Mendeleyewrücken in Makarowbecken und Kanadabecken unterteilt. Kartenbasis: <www.ibcao.org>

ice as well as land, ocean and atmosphere processes and feedbacks are important in establishing the current state of the Arctic environment and its future development (ARCTIC IN RAPID TRANSITION 2011) here we focus on extreme changes of the Arctic Ocean in 2007-2010. The first part of the article presents observations of extreme variations of the Arctic Ocean thermohaline structure and discusses their causes. The second part analyzes tendencies of the present thermohaline state of the water masses in the Arctic Ocean. In the third part, current fluctuations of the thermohaline structure are investigated in the context of the changes in 1950-1993. Conclusions are given about the significance of the extreme thermohaline state of 2007 in comparison to past states of the Arctic Ocean. In addition, problems of evolution (development) of the ocean state and extreme changes of 2007-2010 are discussed.

DATA AND METHODS

In this study, we used the AARI hydrography database and products of data objective analysis. Before 1948 only episodic observations exist. 1948 was the first year when the entire Arctic Ocean was covered by observations based on systematic winter (March-May) aircraft expeditions and year-round drifting stations. The aircraft-based program peaked in the 1970s, when seven hydrographical surveys covered practically the entire Arctic Basin and the majority of the Arctic seas (FROLOV et al. 2005). In the 1990s, icebreakers and submarines provided high-quality measurements covering vast areas of the central Arctic Ocean. A significant increase of oceanographic observations was achieved in the 2000s, culminating during the International Polar Year 2007-2008. The temporal distribution of the combined set of hydrographic stations for the years 1948-2011 that cover the Arctic Ocean seaward of continental shelves is given in Figure 2.

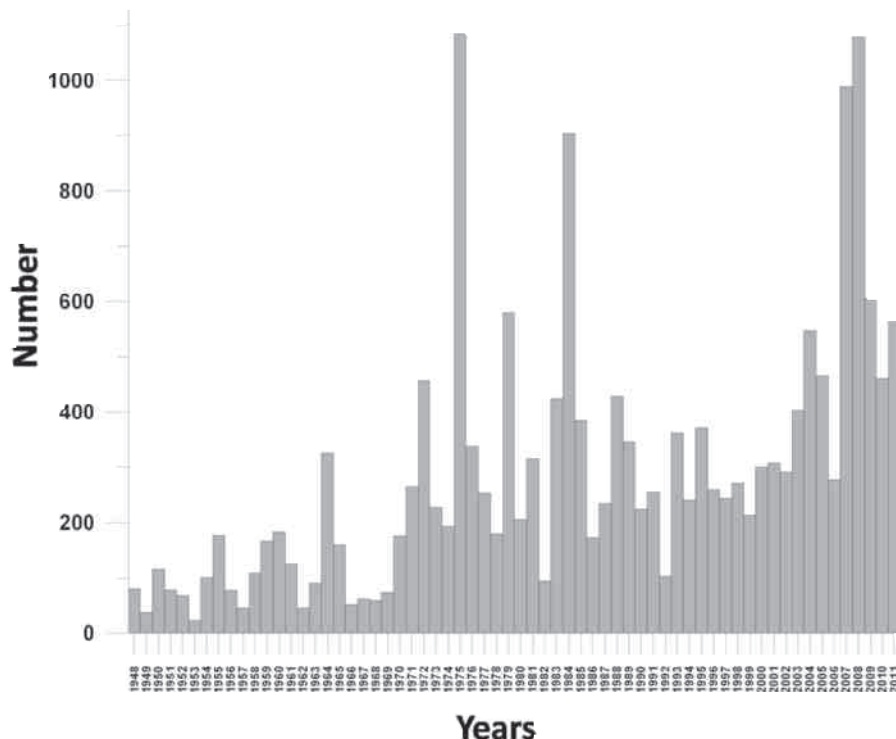


Fig. 2: The temporal distribution by year of the combined set of hydrographic stations for the years 1948-2011 seaward of continental shelves. Observations of ice-tethered profilers (ITP) were used for the middle of each month.

Abb. 2: Anzahl der ozeanographischen Messstationen im Arktischen Ozean jenseits der Schelfkante für den Zeitraum 1948 bis 2011. Positionen der mit dem Meereis verbundenen Driftbojen (ITP) sind jeweils die der Monatsmitte.

The number of oceanographic stations for different months and seasons for the years 1948-2011 shows distinct maxima: March and September (Fig. 3). Based on these statistics of seasonal observations we use the following scale of temporal averaging for the Arctic Ocean. We chose the period March to May as the standard winter analysis period. The period July to September was used as the standard summer analysis period (TANIS & TIMOKHOV 1998).

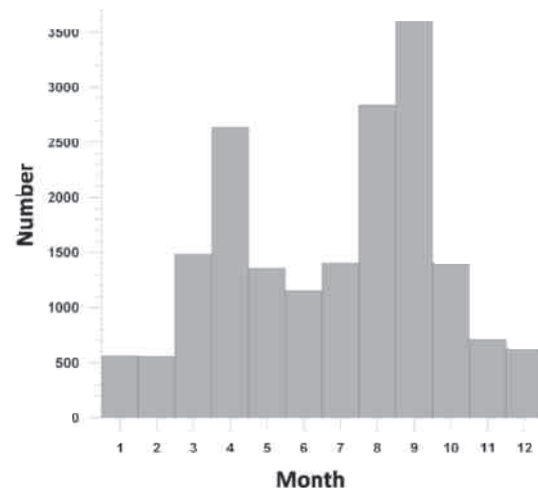


Fig. 3: A histogram of the number of oceanographic stations for different months for the years 1948-2011 in the deep Arctic Ocean.

Abb. 3: Anzahl der ozeanographischen Messstationen im tiefen Arktischen Ozean und zeitliche Verteilung im Jahresgang mit deutlichen Maxima im Winter (März bis Mai) und Sommer (Juli bis September).

To illustrate the spatial distributions of the hydrographic data we plotted maps of station locations in winter and summer for the period 2007-2011 (Fig. 4a,b) and period 1970-1979 (Fig. 4c,d). There is a difference of observational coverage between 2007-2011 and 1970-1979. More observations were carried out the summer period and fewer during winter in the period 2007-2011.

Most temperature and salinity observations prior to the mid-1980s were made at selected depths (levels) in a vertical profile with samples collected using Nansen bottles (bathymetric or bottle series) and with CTD-instruments. Russian (Soviet) expeditions carried out on the drift ice used the lightweight AARI bottles, which were a modification of the classical Nansen bottle. The geographical coordinates of Soviet stations were determined before 1970 using dead reckoning and celestial navigation methods. The effective accuracy of position coordinates was from 1 to 10 minutes of latitude. Measurements of temperature and salinity were carried out at standard depths (in meters below the ocean surface) of 5, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, ..., bottom. Typical measure-

ment errors are 0.01 °C for temperature and 0.02 for titrated salinity. The comparison of the Russian and western data reveals that mean multi-annual values for both temperature and salinity are in close agreement (TANIS & TIMOKHOV 1998). The best correlation was obtained for the Canada Basin Abyssal Plain largely because the number and period of the Russian and western observations were comparable. The multi-annual mean values for the layer 1000 m to the ocean bottom are in close agreement for all three selected regions. POLYAKOV et al. (2003) found that these data define the Atlantic Water characteristics quite accurately.

After the 1970s, coordinates were determined using radionavigation systems of the “Magnavox“ and “GPS“ types, allowing the determination of ship location or aircraft landing site with accuracies from 50 to 500 m. More recent oceanographic measurements were made using CTD instruments, which have increased vertical density and accuracy of temperature (0.001 °C) and salinity (0.003) measurements.

For comparison purposes we use in this study “The Joint U.S.-Russian Atlas of the Arctic Ocean” for the winter (1997) and

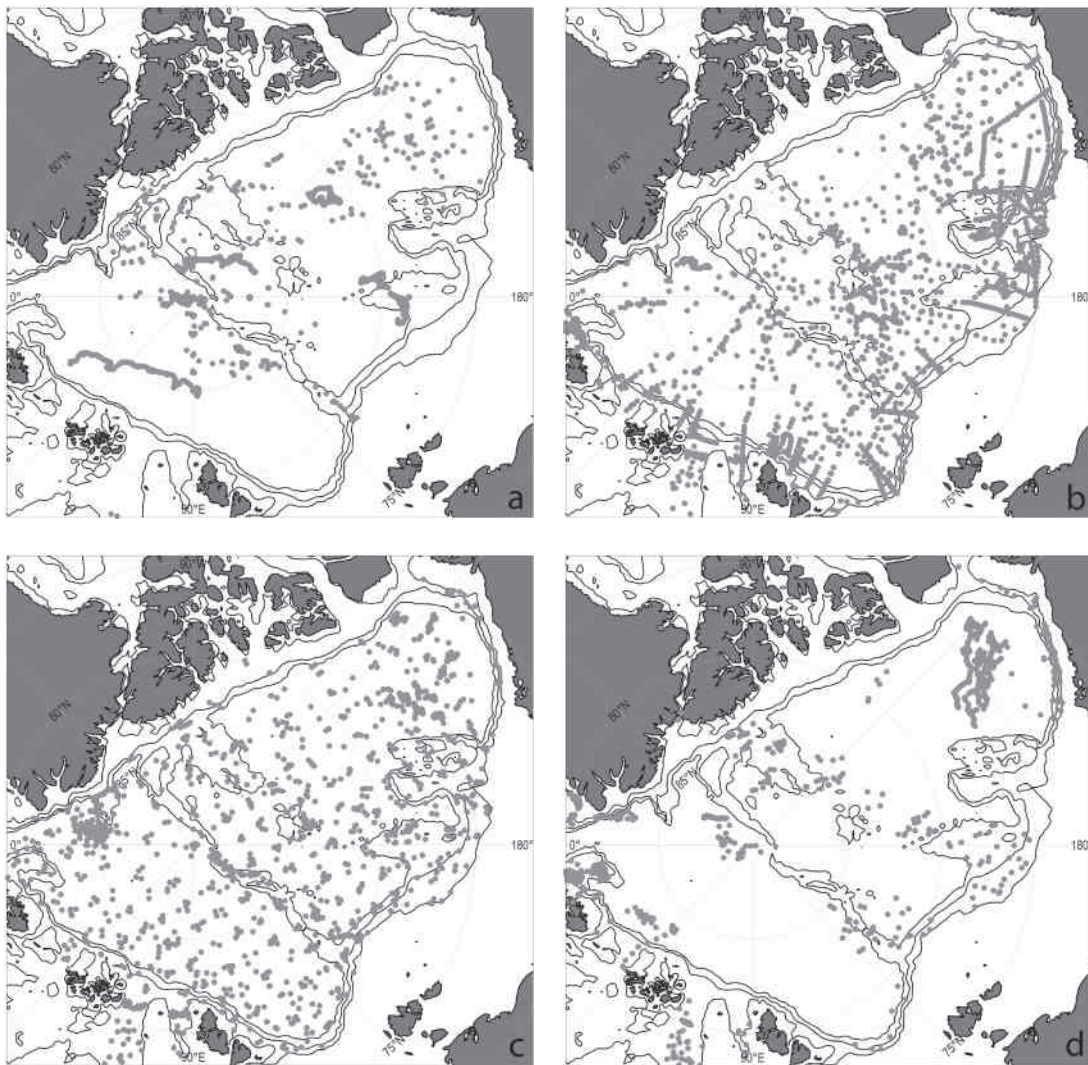


Fig. 4a-d: Location of hydrographic stations in winter and summer for the periods 2007-2011 (a and b) and 1970-1979 (c and d) respectively. Positions of ice-tethered profiler (ITP) drifters in 2007-2011 were shown for a middle of the each month.

Abb. 4a-d: Verteilung der hydrographischen Stationen im Winter und im Sommer für den Zeitraum 2007-2011 = 4a, 4b und 1970-1979 = 4c, 4d. Aus den Positionen der Meereis-Driftstationen (ITP) in den Jahren 2007-2011 wurden monatliche Mittelwerte gebildet.

summer period (1989)” (TANIS & TIMOKHOV 1998) The Arctic Oceanography Atlas contains 50-km gridded data at 23 standard levels, averaged for period 1950-89 and decades 1950-59, 1960-69, 1970-79, 1980-89. Together with mean ocean temperature and salinity fields, the Arctic Oceanography Atlas provides basic statistic such as water temperature and salinity standard deviations.

While preparing the Arctic Oceanography Atlas the spectral method for objective analysis developed by POKROVSKY (1984) was used as the basic method for obtaining the decadal climatic fields of temperature and salinity at the nodes of a regular grid. Among the methods used in the preparation of the Atlas the spectral method for objective analysis provided the best results in comparison with four other Russian and American methods for recovering the temperature and salinity characteristics during test experiments. In addition, this method appears to be the only one able to reconstruct the oceanographic fields from the observations during the summer period, when the data over the essential part of the center of the Arctic basin were absent. Another advantage of the method lies in the provision for the fields of reconstruction errors. This method reconstructs the annual fields within each analysis decade based upon the temporal and spatial empirical orthogonal functions (EOF) (POKROVSKY 1984, TANIS & TIMOKHOV 1998).

The spectral method, the method of principal components, uses the basis of the EOF for the expansion of spatial fields. This method was productively used by SMITH et al. (1986) for the reconstruction of the historical sea surface temperatures, by WEARY et al. (1976) for an analysis of the surface temperature fields in the Pacific Ocean, by SHEN et al. (1994) to analyze the mean fields and by (KOLTY SHEV & TIMOKHOV (1998) for recovering the fields of dynamical heights in the Arctic basin. With the use of the oceanographic database, the Arctic Ocean temperature and salinity fields for the winter period 1950-1993 were reconstructed and we obtained a continuous series of the grid values of characteristics at standard depths (POKROVSKY & TIMOKHOV 2005). This product was used to produce climatic mean winter temperature and salinity fields for the period 1950-1993 at standard depths as well as mean fields for upper layer (5-50 m) and Atlantic water layer.

The temperature and salinity fields of 2007-2010 were constructed from the data using a standard interpolation method. A volumetric TS-analysis was performed following WALSH et al. (2007).

To compare with historical data we used temperature and salinity observations 2007-2010 at standard depths. Mean temperature and salinity of each layer was calculated using records 2007-2010 at the standard levels. This procedure allowed us to minimize an influence of the inhomogeneous modern and historical data sets on the results of the comparative analysis. The temperature and salinity anomalies were calculated as differences of observed values and average climatological values.

UNIQUE FRESHENING AND SALINITY INCREASE AND WARMING OF THE ARCTIC OCEAN IN 2007

The analysis of the observational data revealed the following conditions. At the beginning of spring the temperature measured in the surface layer in the southern part of the Makarov Basin by the “TransArktika-2007” expedition onboard the nuclear icebreaker “Rossiya” on 5 June 2007 was only several hundredths of degree higher than the mean multiyear values (Tab. 1). But already in the second part of June, signs of an anomalous development in the Arctic Ocean (AO) were visible. On 15 June the water temperature measured in 5 m depth at the drifting “Ice camp 2007” station between the Lomonosov Ridge and Chukchi Rise at the position 81° N, 170° E (Canadian Basin) was -1.42 °C. This is close to the summer maximum of the seasonal variations of NP-22, which drifted in this region in 1980. The highest temperature of the entire historical observation period of the Arctic Basin was +4.15 °C recorded at the 5 m depth level where a climatological value of -1.5 °C was determined. It was measured on 31 August 2007 by the expedition onboard the “Akademik Fedorov” in the southern part of the Mendeleev Ridge (Tab. 1, item 4). This temperature anomaly was accompanied by a significant freshening with a salinity anomaly of -2.25. An even bigger surprise was a TS-record on 21 September onboard the “Viktor Buinitsky” at the continental slope near the Lomonosov Ridge (Tab. 1, item 5) that showed

		Temperature (°C)			Salinity		
		Measured	Average climatic	RMS deviation	Measured	Average climatic	RMS deviation
1	05 June 2007, a/ib “Rossiya” 168.5 E, 81.3 N	-1.52	-1.6		–	–	
2	15 June 2007, Ice camp-2007 169.8 E, 81.1 N	-1.42	-1.6	+/- 0.25	28.06	30.25	+/- 0.45
3	10 July 2007 Ice camp-2007 170.4 E 82.1 N	-1.38	-1.6	+/- 0.25	27.52	30.25	+/- 0.45
4	31 August 2007 R/V “Akademik Fedorov” 173.4E	4.15	-1.56	+/- 0.35	27.20	29.75	+/- 0.38
5	21 Sept. 2007, R/V “V. Buinitsky” 142.5E 79.8 N	2.32	-1.50	+/- 0.50	27.77	29.40	+/- 0.75
6	05 August 2007 R/V “Akademik Fedorov” 47.3E	-1.69	-1.56	+/- 0.35	33.79	32.40	+/- 0.38

Tab. 1: Water temperature and salinity at the 5 m level measured at six oceanographic stations throughout the spring-summer season of 2007 in the Canadian Basin (items 1-5) and Eurasian Basin (item 6), average climatic values and RMS deviations of characteristics at the station points.

Tab. 1: Wassertemperatur und Salinität in 5m Tiefe auf sechs ozeanographischen Stationen während der Frühlings-/Sommersaison 2007 im Kanadischen Becken (Zeilen 1-5) und im Eurasischen Becken (Zeile 6).

high positive water temperatures up to $+2.32\text{ }^{\circ}\text{C}$ (at a multiyear average of $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). A temperature anomaly with a salinity as low as 27.77 (at a multiyear average of 29.40) was never observed before in this region. It is known from past observations that ice melting ends at latitudes near 80° N by about 22 August and after mid September the transition to winter condition starts (GOLOVIN et al. 1993). An analysis of spring to summer conditions in 2007 has shown that the duration of the heat accumulation and freshening phase in the surface layer caused by ice melting in the area of Makarov Basin (at 80° N) lasts longer than three months. The seasonal range of the water temperature in summer of 2007 was $4.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, which is 15 to 20 times larger, compared to average values for this region while the seasonal variation of salinity was in the range of 2.0-2.5, which is five times greater than the average variability in the region. So, compared to the climatological means, the development of spring conditions in the Canadian Basin began earlier and the end of the summer conditions was shifted to later dates.

A different situation was observed in the surface layer of the Eurasian Basin. In early August salinity at the 3 m level to the north of the Franz Josef Land at the center of the Nansen Basin (Tab. 1, item 6) was up to 1.39 higher than the mean climatological value or 3.7 times larger than the RMS deviation. During the same time the water temperature was colder than the multiyear average by $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

In order to identify the spatial distribution of the differences between the temperature and salinity recorded in the summer of 2007 and the climatological averages, the anomalies for the 5-10 m layer water temperature and salinity were calculated and their distribution patterns were constructed for the entire AO area. We like to point out that for the construction of the charts the observation data for August to October were used, since as mentioned above, the characteristic summer conditions also continued in 2007 into October.

The distribution of summer surface temperature and salinity anomaly in 2007 is presented in Figure 5. Of special interest is

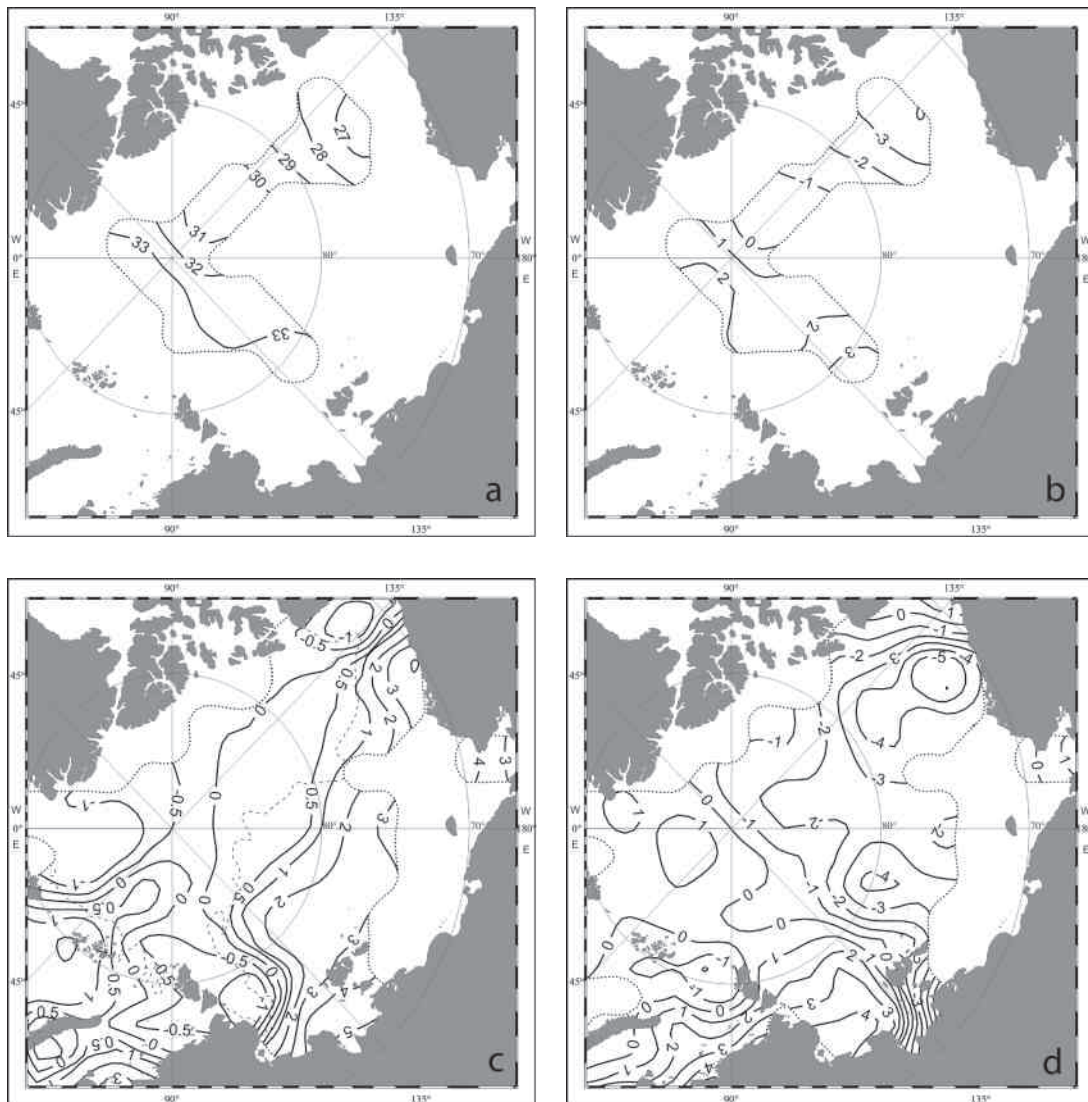


Fig. 5a-d: Distribution of average water salinity in the 5-10 m layer (a) and its anomalies (b) in winter (January-April) 2007, summer water temperature (c) and summer salinity anomalies (d) in 2007 relative to the 1950-1989 series. The dashed line on Fig. 5c denotes the ice edge position.

Abb. 5a-d: Verteilung des mittleren Salzgehalts in der Wasserschicht 5-10 m (5a) und ihrer Anomalien (5b) im Winter (Januar-April) 2007 und der sommerlichen Wassertemperatur (5c) und der sommerlichen Salzgehaltsanomalien (5d) 2007 im Vergleich zur Zeitreihe von 1950-1989. Die gestrichelte Linie in Abb. 5c markiert die Lage des Eisrandes.

a large contrast of the anomalies between the Eurasian and Canadian basins. In the surface layer of the Canadian Basin extremely high water temperatures were observed in summer of 2007 and large positive anomalies of +3 °C occurred. The area occupied by water with a temperature above -1.0 °C, was almost two times larger than the climatological mean. In the central part of the Eurasian Basin, the temperature anomalies ranged from -1.0 °C to +1.0 °C. With anomalies up to +2 °C which were recorded in the northern parts of the Barents and Kara seas the surface layer temperature in this region was much higher if compared to the climatological mean. Also in the eastern part of the Laptev Sea positive anomalies of +2 to +5 °C were observed in the 5-10 m layer.

Also extreme salinity values were observed in the surface layer. In the Canadian Basin in summer of 2007, two extensive areas of large negative anomalies (surface layer freshening) from -4 to -6 were identified. The first area was located in the southern part of the Makarov Basin and the adjoining part of the Siberian shelf with a center at 80° N and 160° E. The second area was located in the Canadian Basin. Two small zones display exceptionally positive salinity anomalies. The first zone was located in the southeastern Chukchi Sea. Here the salinity increase was presumably connected with an intensive inflow of relatively high saline water of Pacific origin through the Bering Strait (WOODGATE et al. 2010). The second zone was located in the southeastern Beaufort Sea and the adjoining Amundsen Bay. This zone of positive salinity anomaly was probably formed due to a westward shift of the Mackenzie River freshwater plume.

On the contrary to the Canadian Basin, over much of the Eurasian Basin, a salinity increase of the surface layer was observed with positive anomalies of up to 2 in the central part of the basin, and in the central Laptev Sea up to 6. A zone of positive salinity anomalies was located from Fram Strait to the Laptev Sea, being formed primarily due to the influence of the underlying water of Atlantic origin (the so-called “Atlantic water footprint”). In the southeastern Laptev Sea as a result of eastward shift of river water flow, a small zone of negative salinity anomalies was formed. A zone of freshening in the northwestern Kara Sea was formed as a result of intensive ice melting and outflow from the Kara Sea to the Arctic Basin in September 2007 (FROLOV 2011).

What has triggered such a formation of hydrological anomalies in the Arctic during the summer of 2007? We suggest that one of the main causes of the formation of anomalies in the AO surface layer was an exceptional regime of the atmospheric circulation in agreement to MORISON et al. (2012) for example. Beginning with spring, the southerly winds prevailed

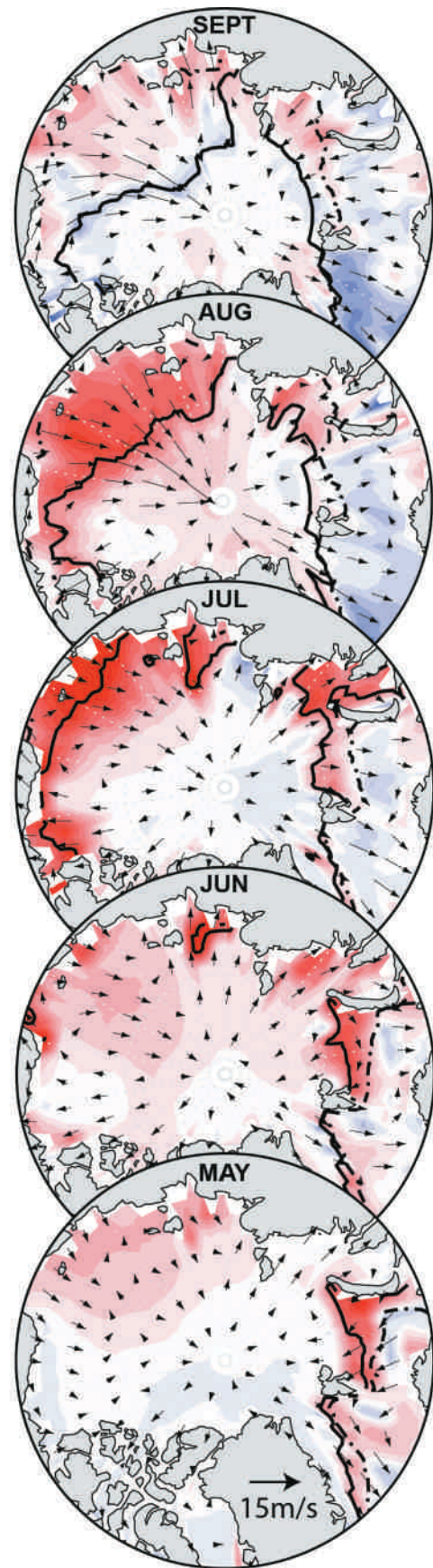


Fig. 6: Monthly mean atmospheric circulation (vectors m s^{-1}) and anomalous net atmospheric heat fluxes (colour, W m^{-2}) in summer 2007. Solid lines show monthly-mean positions of ice edge in 2007; dashed-dotted lines show climatologic mean ice position. Strong summer winds from Siberia pushed the ice edge far northward, pumping atmospheric heat into the upper ocean (BEKRYAEV et al. 2010).

Abb. 6: Monatliche Mittelwerte der atmosphärische Zirkulation (Vektoren m s^{-1}) und Anomalien der atmosphärischen Wärmeflüsse (farbige Schattierung, W m^{-2}) im August 2007. Durchgezogene Linien = monatliche Mittelwerte der Eiskantenlage. Gestrichelt-punktierte Linien = klimatologische Mittelwerte der Lage der Eiskante. Starke sibirische Sommerwinde trieben die Eiskante weit nach Norden und erwärmten die Oberflächenschicht des Ozeans (BEKRYAEV et al. 2010).

in this region and a large positive air temperature anomaly was observed reaching +8 °C in August. Figure 6 presents a chart of monthly average wind speeds and directions for June-September and the surface heat fluxes values to the ocean. It demonstrates that the areas of the largest heat fluxes from the atmosphere to the ocean surface were located in the Chukchi and East-Siberian seas where the southerly winds were also observed. The heat fluxes and wind forcing caused intense melting, ice decay and a rapid ice edge retreat to the north. In the Pacific part of the AO, a vast area that was usually covered by drifting ice has become ice-free. In late September the ice margin retreated far to the north reaching 87° N in some places. Formation of a vast ice-free water area contributed to significant heating of the surface water layer. Ice mass balance observations demonstrated that there was an extraordinarily large amount of melting on the bottom of the ice in the Beaufort Sea in the summer of 2007 (PEROVICH et al. 2008).

The increase of the open water fraction resulted in an increase of the solar heat input to the upper ocean by a factor of 5, triggering an ice-albedo feedback and contributing to the acceleration of the ice retreat (PEROVICH et al. 2008). Experiments with a model for estimating the role of ice dynamics and heat gain from the atmosphere showed a decisive influence of the second factor in formation of an anomalous reduction of the ice covered area in September 2007 (SHUTILIN et al. 2009).

The atmospheric forcing in summer of 2007 was the dominant, but not the only factor responsible for the unique ice situation. The fact that the ice thickness in the AO in the last years was already much thinner if compared to the mean climatological value also contributed to rapid melting of the ice cover according to e.g. (POLYAKOV et al. 2010). The shift of the anticyclonic ocean gyre in the eastern Arctic Basin influenced the intensification of ice export from the Chukchi, East Siberian and Beaufort seas. In recent years, the anticyclonic gyre moved southward from the center of the Canadian Basin and its intensity has increased. This accelerated the ice export along the periphery of the anticyclonic gyre, which was directed towards the Canadian archipelago (FROLOV 2011).

As a consequence of the abovementioned processes the hydro-meteorological conditions in the Arctic developed during the International Polar Year (IPY) 2007-2008 in a way, which was not observed before. In the surface layer, large contrasts of temperature and salinity were formed. A general increase of Atlantic water temperature in the Arctic Basin was recorded. The upper boundary of the Atlantic Water has risen upward and reached a depth minimum in reference to the available time series. The most distinct changes of the hydrographic conditions were observed in the Canadian Basin.

VARIATIONS OF THE WATER MASS PROPERTIES IN THE ARCTIC OCEAN

In the following, we discuss the modification of the thermohaline structure on the basis of the vertical temperature and salinity profiles from the summer of 2007 recorded at two oceanographic stations in the Eurasian Basin and Canadian Basin (Fig. 1). As a reference the average climatological profiles and ranges of temperature and salinity variations are shown in Figure 7. An analysis of the two stations shows that

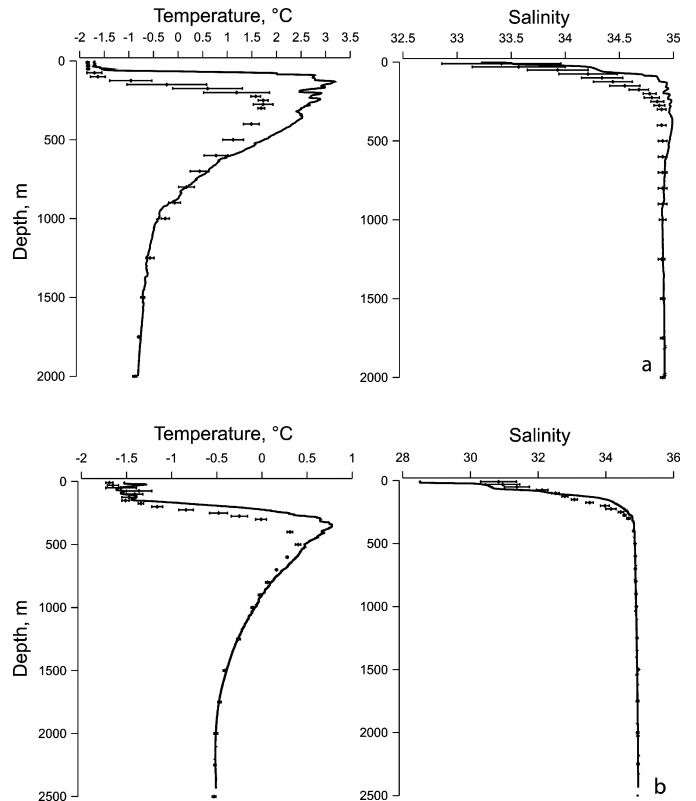


Fig. 7: Temperature and salinity profiles (bold lines) at two oceanographic stations in the Eurasian Basin = (a; 82°11.4' N, 97°17' E) and the Canadian Basin = (b; 82°53' N, 145°06' W;). Black dots denote average climatological values and lines denote standard deviations of corresponding characteristics from climatological averages. Horizontal dashed lines show upper and lower boundaries of the Atlantic Water (AW) in 2007.

Abb. 7: Temperatur- und Salzgehaltsprofile (fette Linien) der beiden ozeanographischen Stationen im Eurasischen Becken = (a: 82°11.4' N, 97°17' E)) und im Kanadischen Becken = (b: 82°53' N, 145°06' W). Punkte zeigen klimatologische Mittelwerte, Linien die Standardabweichungen der entsprechenden Parameter der klimatologischen Mittelwerte. Gestrichelte horizontale Linien markieren die obere und die untere Grenze des Atlantischen Wassers (AW) im Jahr 2007.

in the surface layer, negative salinity anomalies occurred in the Canadian Basin, and positive anomalies in the Eurasian Basin. Both anomalies are beyond variations observed throughout the historical observation period.

In the halocline layer in the Canadian Basin, anomalous thermal conditions were observed in the summer Pacific Water (SPW). The positive temperature anomaly for this region had a 5-6-fold higher standard deviation than that of the climatological dataset (Fig. 7b).

In the water layer of Atlantic origin, the following changes were noted in 2007. The highest temperatures were observed in the Eurasian Basin. North of Cape Arktichesky, the expedition onboard the “Akademik Fedorov” on 11 August 2007 measured in the AW core between 126 to 165 m a temperature of +3.00 °C to +3.20 °C. This is twice as high as the climatological average for this area. The upper boundary of AW has risen in this region by 50-100 m compared with the climatological depth level. Warming in the Canadian Basin relative to the climatological mean was not greater than 0.5 °C (Fig. 7), but positive anomalies were two times higher than the temperature standard deviation in the AW core. This anomalously

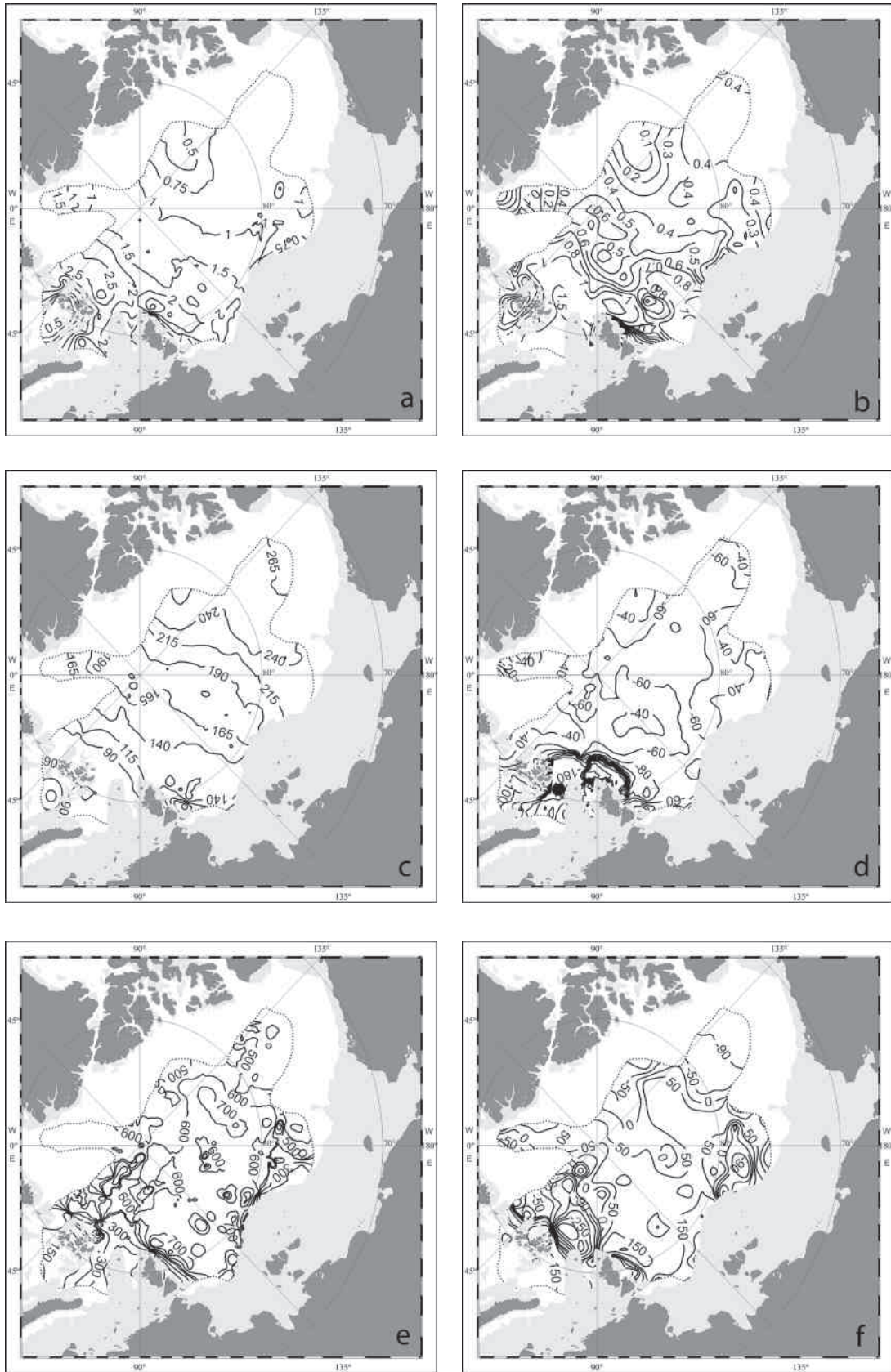


Fig. 8: Distribution of Atlantic Water (AW) characteristics (a,c,e) and their anomalies (b,d,f) in summer of 2007 relative to the 1950-1989 series: maximum temperatures = a,b; depth of the upper boundary = c,d; AW layer thickness = e,f.

Abb. 8: Verteilung der Eigenschaften des Atlantischen Wassers (AW, a,c,e) und ihrer Anomalien (b,d,f) im Sommer 2007 im Vergleich zu den Datenserien von 1950-1989. Maximale Temperaturen = a,b; Tiefe der oberen Grenze = c,d; Schichtdicke des AW = e,f.

warm Atlantic water was observed everywhere in the Arctic Ocean in 2007 together with an anomalous shallow upper boundary of Atlantic water.

In the deeper layers below the AW the changes were not so obvious. Therefore we focus on the AW characteristics and the spatial distribution of the anomalies as there are the temperature maximum and its depth, the depth of the upper and lower AW boundaries, i.e. to the depth of the 0 °C isotherm, the thickness the average salinity and the average potential temperature of the AW layer. In addition the heat content of the AW layer was calculated. Calculations were based on the database, which includes all oceanographic observations that were carried out during the IPY and in 2009. To characterize the state of the AW in 2007, anomalies were calculated as differences of the properties observed in 2007 from the “climatological” mean fields derived for the period 1950-89. Anomalies of maximum temperature of the Atlantic water (Fig. 8b) were positive in the Arctic Basin and in the adjacent Arctic seas. The largest positive anomalies of the maximum AW temperature were observed in a wide belt from Fram Strait to the Gakkel Ridge. The anomalies reached up to 1.5 °C, and in the vicinity of the Eurasian continental slope and within the St. Anna Trough, an all time maximum was observed. In the Canadian Basin, large positive anomalies of the maximum AW temperatures were also observed, and in the Canadian Basin, the maximum potential temperature was higher than the multiyear mean!

Anomalies of AW salinity (no charts are presented) during the IPY were small and negative, i.e., the salinity of the AW was by 0.1 lower than the climatological average.

In summer 2007, the depth of the upper AW boundary was closer to the surface than in the climatological mean. It has

risen almost everywhere in the Arctic Basin and in the adjacent seas by 40-100 m (Fig. 8c,d). The largest rise of up to 120 m was observed to the north of Severnaya Zemlya islands. Simultaneously, an increase of the AW layer thickness was recorded in the main flow from Fram Strait to Severnaya Zemlya islands and in the Canadian Basin (Fig. 8e,f).

To obtain estimates of the changes in the TS-properties of the different layers we have performed a volumetric analysis of the water masses on the basis of all available deepwater oceanographic data obtained during the summer seasons of 2007 and the period of 1970-79. In the 1970-79 period, relatively cold Atlantic water was observed after a warming during the 1940s and before the beginning of warming in the 1990s (POLYAKOV et al. 2004). Therefore we use the decade of 1970-1979 as a reference.

Mean weighted temperature and salinity values were calculated for the entire volume of the Arctic Ocean for 1970-1979 resulting in +0.82 °C and 34.25 for winter and +1.2 °C and 34.06 for summer. According to these estimates, the waters of the Arctic Basin and the adjacent Arctic seas increased in temperature by 0.38 °C and decreased in salinity by 0.19 from the period of the 1970s to the beginning of this century.

The water volumes related to the various temperature and salinity intervals differ significantly for summer of 2007 from the average summer season of 1970-1979 (Fig. 9a,b). The ranges of the thermohaline structure that have occurred in the last 30 years can be clearly seen in Fig. 9c, which presents a difference between the distribution functions of 2007 and 1970-1979. Bars with white caps depict positive anomalies of water volume per temperature or salinity interval, i.e. the volumes are larger in 2007 as in the decade 1970-1979), and bars with black caps indicate the opposite situation.

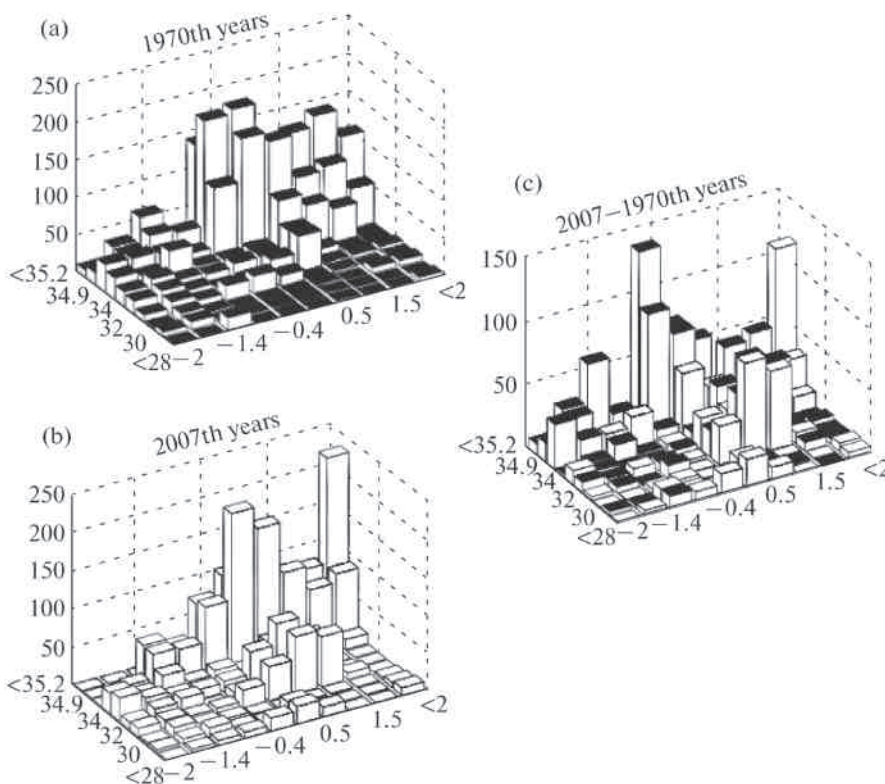


Fig. 9: Histograms of Arctic Ocean water volumes per temperature and salinity interval (vertical axis, water volume in meters per unit area) constructed for the average summer season of 1970-1979 (a) and 2007 (b); (c) = difference of specific water volumes between 2007 and 1970-1979 (FROLOV et al. 2009).

Abb. 9: Wasservolumina des Arktischen Ozeans für bestimmte Temperatur und Salzgehaltsklassens (vertikale Achse: Wasservolumen in m pro Flächeneinheit) für den Mittelwert der Sommermonate von 1970-1979 (a) und 2007 (b); (c) = Differenzen der spezifischen Wasservolumina zwischen 2007 und 1970-1979 (FROLOV et al. 2009).

The anomalous conditions in the surface layer, discussed above, occurred in the temperature range from $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and salinity of less than 30.00. Significant changes occurred in the volumes of the temperature and salinity ranges of $0.0 / +1.50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $31.00 / 32.00$ and $0.0 / +1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $32.00 / 33.00$. The volume of the first range increased by five times to 2007 relative to the decade of 1970-1979. The largest contribution came from the heated surface waters of the Barents Sea and summer Pacific waters. The volume of the second range has decreased in 2007 almost nine times.

The total volume of Atlantic Water with a temperature above $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and salinity of more than 34.6 increased in 2007 by 22 % compared to the 1970-1979 decade. At the same time we recorded changes of volumes of temperature subranges within the AW. For example, the AW volume with a temperature of $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ has decreased and the water volume with a temperature of more than $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ has significantly increased. Such significant modification of the thermohaline structure of the AW layer could be a result of the increased inflow of warmer and less saline AW to the Arctic Basin for the last two decades – especially from 2003-2004 (POLYAKOV et al. 2005).

Changes also occurred in the deeper layers. The volume of lower intermediate water with temperature of $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ and a salinity of more than 34.6 decreased by 30 % in 2007. The bottom waters below have become slightly warmer and less saline. A relation between the increase of bottom water temperature and increasing temperature of Atlantic water in the Arctic Basin was noted earlier (NIKIFOROV & SHPAIKHER 1980). This relation is also confirmed by our analysis. To estimate the bottom water volume in 2007 was not possible due to a restricted amount of measurements deeper than 1500 m.

Consequences of the anomalous oceanographic conditions in 2007 were especially pronounced in the freshwater distribution in the Arctic Basin. For calculations of the fresh water content (FWC), oceanographic observations from the winters 2007 and 2008 were combined. As reference salinity, a value of 34.8 was used. Figure 10 presents charts of average of the climatological distribution of FWC in the winter season for the period 1950-1989 and the distribution of FWC anomalies in winter of 2007-2008 relative to the 1950-1989 series. As can be seen (Fig. 10), the distribution of positive and negative anomalies of fresh water content formed basin scale dipole structure with the zero axis passing from the northern tip of Greenland to the Makarov Basin and further to Wrangel Island. Estimates showed the deficit of freshwater content in the Eurasian basin to be up to 25 % of the average climatological values in this region, and the excess of freshwater content in the Canadian Basin was 30 % of the climatological mean. The difference between the positive and negative anomalies of FWC was several meters of fresh water (Fig. 10). Analysis of long-period FWC changes of the Arctic Basin and the Arctic seas showed that ice production, inflow of fresh water and its transport in connection with the atmospheric circulation are the key factors, that are responsible for the freshening and salinity increase of the upper layer that was observed during the last decades (POLYAKOV et al. 2008). From this it follows that the observed FWC anomalies in 2007-2008 are probably driven by the ice cover and its interaction with the upper ocean layer. In consequence we assume that the Canadian Basin transforms from a region of accumulating ice

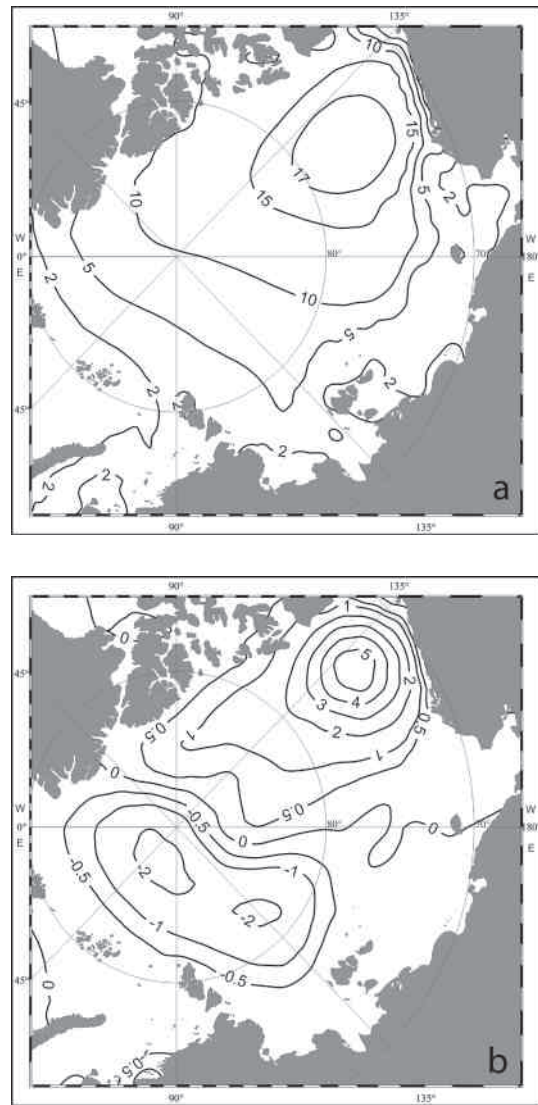


Fig. 10: Distribution of average climatological values of freshwater content (m) in the winter season for the period 1950-1989 (a) and FWC anomalies (meters) in winter of 2007-2008 relative to the 1950-1989 series (b).

Abb. 10: Mittelwerte des Süßwassergehalts (m) im Winter der Jahre 1950-1989 (a) und Anomalien des Süßwassergehalts (m) im Winter 2007-2008 im Vergleich zum Zeitraum 1950-1989 (b).

towards a region, which loses ice due to melting – this is an important change of the basin status in relation to global warming.

TENDENCY OF THERMOHALINE STRUCTURE CHANGES DURING THE IPY 2007/2008 AND LATER

Already in winter (January-April) 2007, which preceded an extreme summer, significant negative and positive anomalies of salinity were observed in the central Arctic Ocean. These formed the initial conditions for subsequent transformations in the spring-summer season. Large changes of thermohaline structure of the surface layer in summer 2007 influenced the formation of the winter 2007-2008 distribution of temperature and salinity. Figure 11 presents charts of the average salinity anomaly in the 5-10 m layer in 2008 and 2009. Maps of temperature distribution are not presented here.

Summer conditions of 2007 (Fig. 5) had a significant influence on the salinity distribution next winter. As shown (Fig. 11a), the negative salinity anomalies increased in the Canadian Basin to extreme values. This underlines the importance of the summer conditions preconditioning the salinity fields next winter. However in the Eurasian Basin, positive (and extreme) salinity anomalies, which were observed in winter of 2007 (Fig. 5b), have decreased by the end of winter of 2008. One of the main causes can be a decrease of the influence of AW, because the AW flows across Fram Strait, after having reached a maximum in August-September 2006, decreased in 2007 and 2008 (POLYAKOV et al. 2011).

In 2008, the summer conditions began with the background of positive temperature anomalies in the Arctic, a dominance of first-year ice in the western and eastern regions of the Siberian shelf and an intensive ice loss, primarily due to ice melting, in the marginal western – Barents and Kara seas – and eastern – Beaufort and Chukchi seas (FROLOV 2011). The combined effect of thermal and dynamic factors, phase transitions and

heat gain of the water in the ice-free areas resulted in summer of 2008 in the formation of a large zone of negative salinity anomaly (Fig. 11b) and a positive temperature anomaly in the surface layer in the Canadian Basin. From Fram Strait along the continental slope to the Laptev Sea, a salinity increase of the surface layer was recorded. The surface water temperature over much of the Eurasian Basin was near the multiyear average. But in the Fram Strait area, a negative anomaly of water temperature was recorded.

The difference of the 2008 summer conditions from the previous year was that the air temperature anomalies in spring, summer and autumn in 2008 were everywhere positive except for the Alaskan region, where weak negative values were observed in summer and autumn. But the air temperature anomalies were by 1-3 °C lower than in 2007. Freshening of the surface layer in the Canadian Basin was also weaker than in 2007, except for the Beaufort Sea and the adjacent area where the negative salinity anomaly in 2008 was slightly higher than in 2007. In the Eurasian Basin no significant

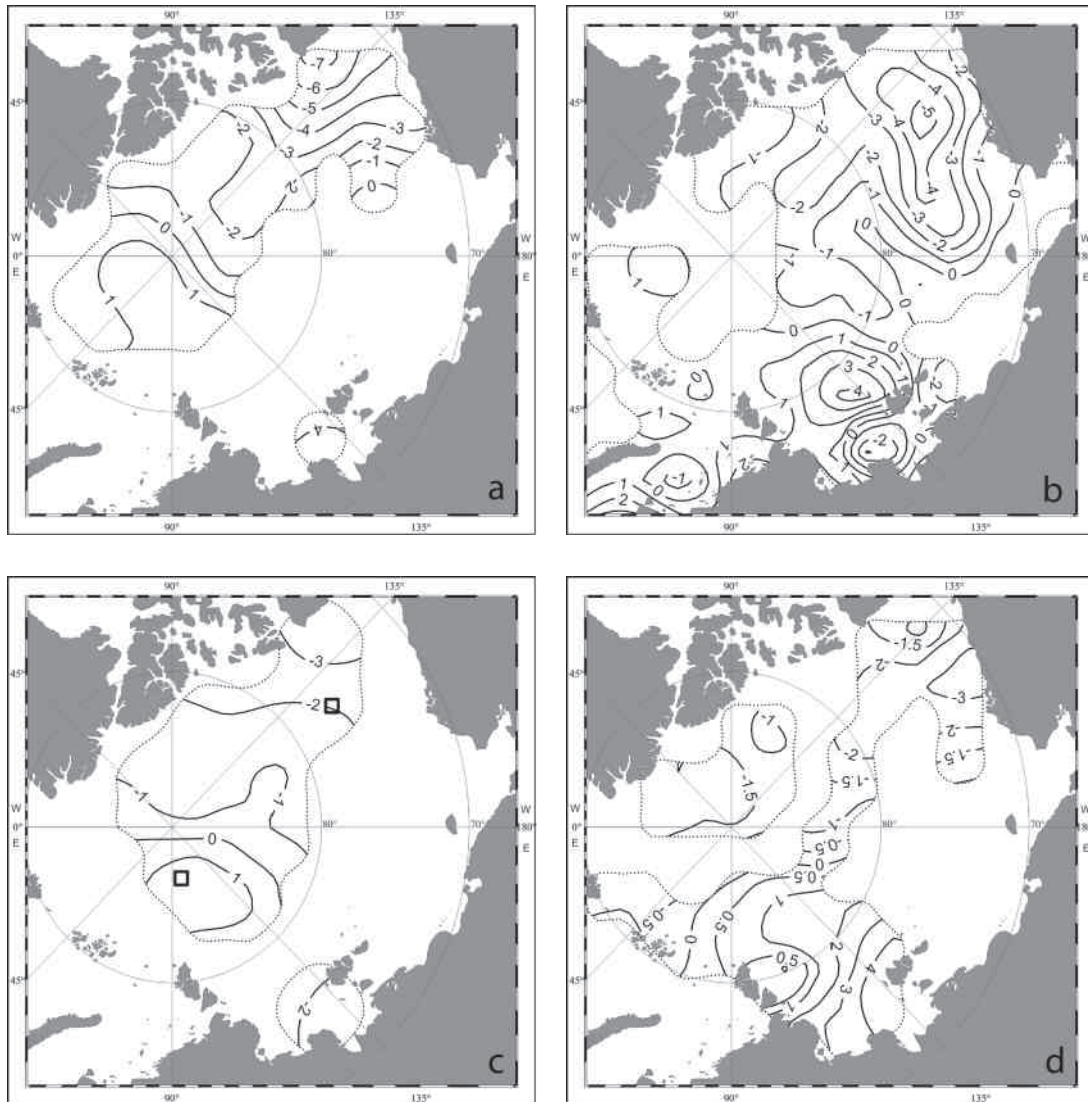


Fig. 11: Anomalies of surface layer salinity in winter (January-May) and summer (August-September) 2008 (a,b) and summer 2009 (c, d). The square denotes the regions for which the curves of seasonal salinity and temperature variability were constructed in Figure 9.

Abb. 11: Salzgehaltsanomalien der Oberflächenschicht im Winter (Januar-Mai) und Sommer (August-September) 2008 (a,b) und Sommer 2009 (c,d). Die Quadrate zeigen die Regionen, für welche die saisonale Salzgehalts- und Temperaturvariabilität in Abbildung 9 abgeleitet ist.

changes occurred in the surface layer. The water temperature of the surface layer in summer of 2008 was close to that of 2007. A small positive anomaly of salinity in the Nansen Basin from Fram Strait to the Laptev Sea was also preserved, and in the Laptev Sea, a positive salinity anomaly has moved northeastward towards the area of the Lomonosov Ridge. The flow of Atlantic Water continued probably to play a dominating role in forming the surface TS fields over much of the Eurasian Basin.

By the beginning of the summer period 2009, similar to the previous two years, positive air temperature anomalies were observed over the Arctic Ocean and its marginal seas. Again a dominance of first-year ice was found in the western and eastern regions of the Russian Arctic seas. However, also differences from previous years were recorded. In August, an extensive cyclonic circulation occurred in the ice drift velocity field with the center to the north of the East-Siberian Sea. In the eastern part of the Beaufort Sea, anticyclonic vorticity was observed determining the motion of both of ice and ice-free water (FROLOV 2011). Under the influence of the latter, in August and September 2009 the ice flow from the Canadian sector to the Beaufort Sea formed a zone of negative water temperature anomaly. In the open water of the Canadian Basin the ice melted intensively, resulting in a freshening of the surface layer and the formation of a negative anomaly of surface salinity in summer 2009 in this region (Fig. 11d), but the value of this anomaly was smaller than in 2007 and 2008.

Under the influence of an atmospheric cyclonic circulation north of the East-Siberian Sea an inflow of drifting ice and an advection of surface water from the Arctic Basin onto the Siberian shelf seas was observed. This has probably led to an increased positive salinity anomaly in the Laptev Sea and the formation of negative salinity anomalies north of the Kara and Barents seas. The surface temperature in the Eurasian Basin changed only little compared to the preceding two years. Some changes were recorded in the salinity field of the surface layer in the Eurasian Basin. In the basin close to Greenland, Spitsbergen and Franz Josef Land, a zone of negative salinity anomaly was formed, i.e., compared to 2007 and 2008, the salinity changed in the surface layer in this region. In the other parts of the basin, a positive anomaly of surface salinity was preserved but with a different spatial structure.

A comparative analysis of the maps of surface salinity distribution and its anomalies in the summertime and the maps of surface salinity anomalies in the winter (Fig. 11) suggests the following conclusions. Extreme freshening of the surface layer in summer of 2007 over most of the Canadian Basin has influenced the increase of the negative salinity anomaly from winter (January-April) 2007 to winter of 2008 (Fig. 11). The salinity of the Beaufort Sea area decreased by 1 to 2. However, in spite of the significant negative salinity anomalies in this region in summer of 2008, the salinity in winter of 2009 has slightly increased but the sign of anomaly was preserved.

The tendencies of temperature and salinity change in the surface layer are illustrated by their seasonal variability (Fig. 12), constructed for the areas to the north of Franz Josef Land (FJL) and in the Canadian Basin (for location see Fig. 11c), because these regions reflect the main features of changes in the surface layer in 2007-2009 clearest. In the Eurasian Basin

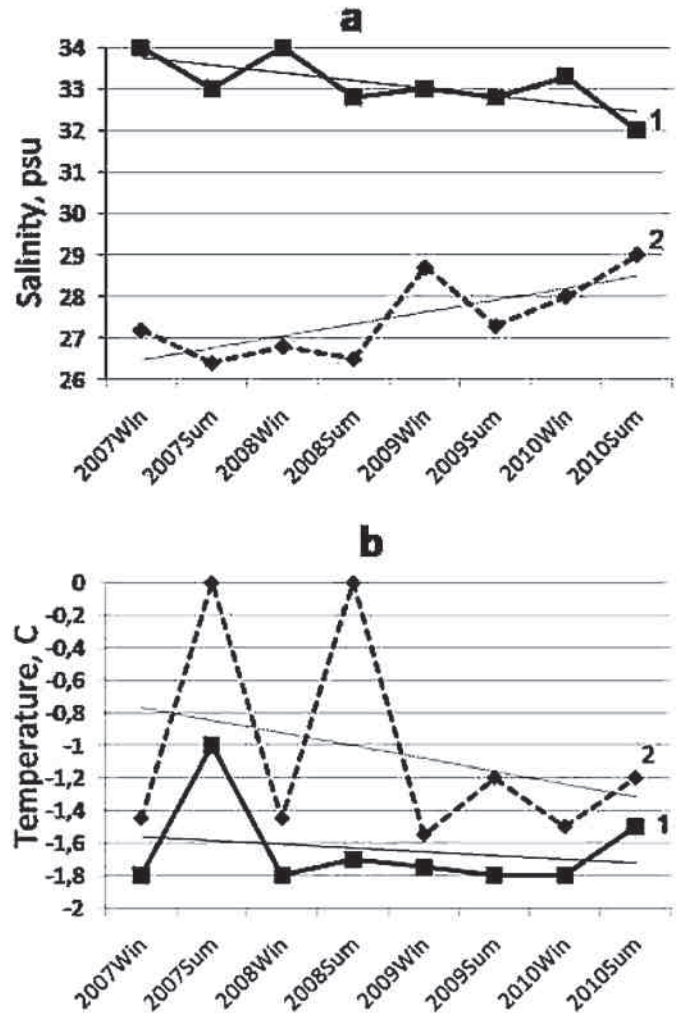


Fig. 12: Diagrams of summer variability from winter 2007 (2007Win) to summer 2010 (2010Sum) salinity = (a) and temperature = (b) of the surface layer and their trends in the Eurasian Basin to the north of Franz Josef Land (1) and in the Canada Basin (2); for location see Figure 11c.

Abb. 12: Variabilität von Salzgehalt (a) und Temperatur (b) der Oberflächenschicht im Sommer für den Zeitraum vom Winter 2007 (2007Win) bis Sommer 2010 (2010Sum) und ihre Trends im Eurasischen Becken nördlich von Franz-Josef-Land (1) und im Kanadischen Becken (2); Lokationen siehe Quadrate in Abbildung 11c.

to the north of FJL, the tendency of salinity is negative, while its increase is observed in the Canadian Basin. The amplitude of seasonal variations of the water temperature in both basins decreases.

The analysis performed allows the conclusion that after 2007, the signs of temperature and salinity anomalies of the surface layer in the Eurasian and Canadian basins were in general preserved, although the areal distribution varied and the intensity of the anomalies also changed. The basin scale differences of the salinity in the surface layer decreased. The above analysis suggests that the thermohaline structure of the surface layer in 2008 and 2009 returned to an average climatological state.

The following changes occurred in deep ocean layers. In 2008, the average of the Atlantic Water layer temperature as its maximum was everywhere higher than the climatological average. The area of inflow and spreading of the main flow of

AW along the continental slope from Fram Strait to the Laptev Sea has significantly changed compared to 2007. The average and maximum temperature of the AW was lower by 0.25-0.50 °C, the total heat content and the AW thickness were reduced. However in 2008 in the Amundsen Basin, we observed a small increase of AW temperature compared to 2007.

Changes in the depth of the upper and lower boundaries of AW were observed. Over much of the Arctic Basin the upper AW boundary was higher by 40-100 m than in the climatological mean. But in 2008 to the north of Spitsbergen, a deepening of the upper boundary of 10-50 m, if compared to the mean position, occurred. In the same part of the Arctic Basin, we observed a shallower lower AW boundary by about 100 m if compared to 2007. In contrast, in the northern Laptev Sea there was an even greater deepening of the lower AW boundary in 2008.

In summer of 2009, the water temperature in the core of the Atlantic water was 0.5-1.25 °C higher than the climatological

mean of the Eurasian Basin (Fig. 13). Compared to 2007, the maximum temperature anomalies in the Nansen Basin decreased by 0.2-0.5 °C, and in the area of the Lomonosov Ridge and the adjacent Siberian shelf, the anomalies increased by 0.25 °C. In the Canadian Basin, positive anomalies of the AW temperature of +0.3 to +0.5 °C were observed. The anomalies were similar to that recorded in 2007. In general in 2009, the maximum AW temperatures have become lower than in 2007. The upper boundary of the AW in the Eurasian Basin ascended by 50-150 m towards the ocean surface.

CHANGES OF WATER MASS CHARACTERISTICS IN THE ARCTIC BASIN FOR THE LAST 60 YEARS

Surface layer

The study of extreme changes of water temperature and salinity in the Arctic surface layer during the IPY 2007/2008 would be incomplete if the state of the surface layer during the

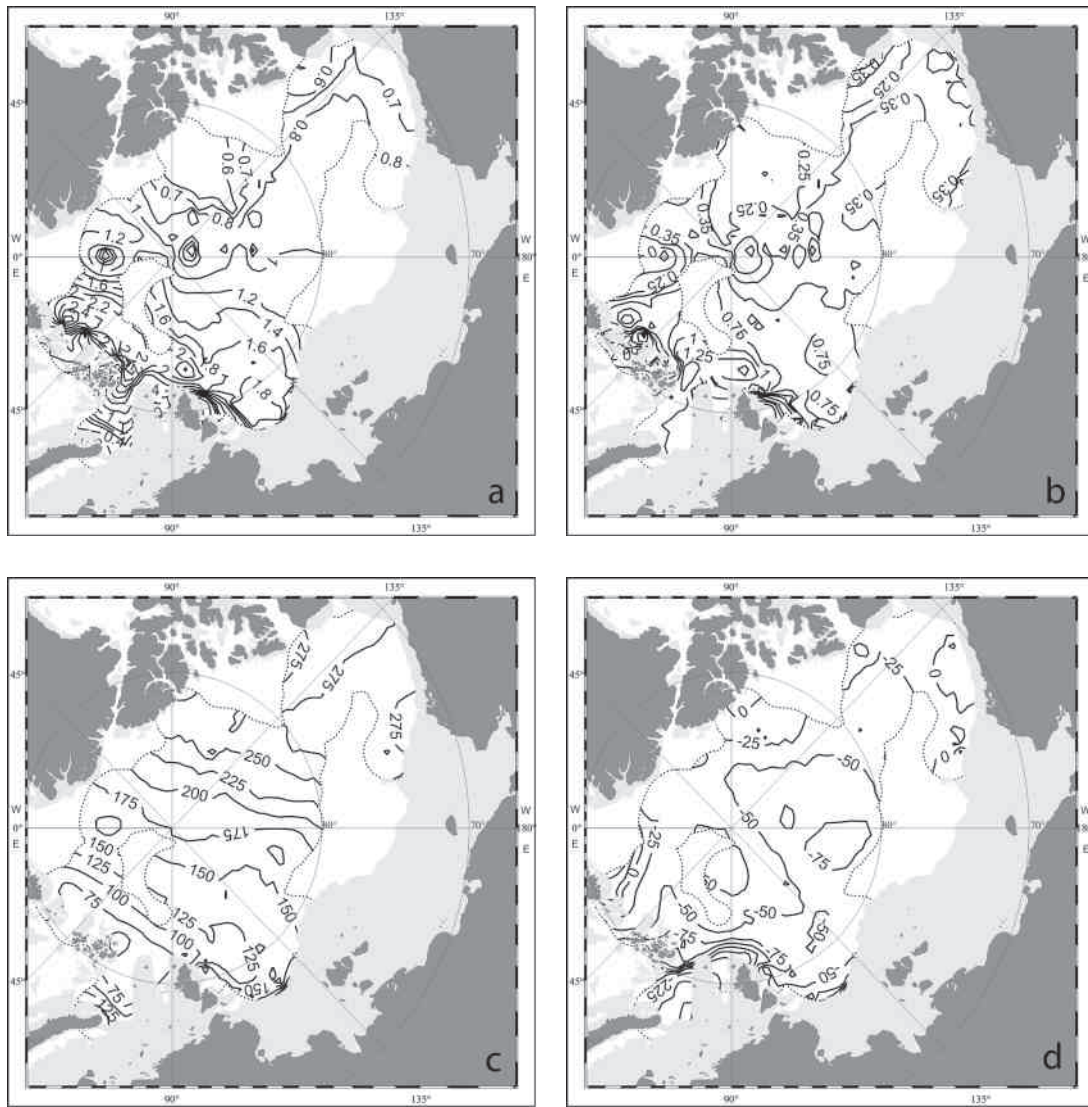


Fig. 13: Distribution of Atlantic Water (AW) characteristics (a,c) and their anomalies (b,d) in summer of 2009 relative to the 1950-1993 series; maximum temperatures = (a,b); depth of the upper boundary = (c,d).

Abb. 13: Eigenschaften des Atlantischen Wassers (AW) (links) und ihrer Anomalien (rechts) im Sommer 2009 im Vergleich zur Zeitreihe von 1950-1993: Maximale Temperaturen = (a,b), Tiefenlage der Obergrenze = (c,d).

IPY would be not compared with the previous years and decades. For this purpose, an analysis of variability of average salinity and thickness of the upper layer (from the bottom of ice cover to the upper boundary of Atlantic Water layer) was performed for the winter separately for the Eurasian and Canadian basins, since the main characteristics of the surface layer conditions in 2007-2009 were water salinity contrasts between these basins.

Using the database, average salinity values in winter were calculated and time series and their linear trends were constructed (Fig. 14). It results that the range of the changes of the average salinity in the Eurasian Basin is 1.5 times greater than the one in the Canadian Basin. But if we consider in contrast to that, the quantity of salt in the layer of 5-50 m, then the variation in the Canadian Basin is more than 1.5 times larger than the Eurasian Basin, and we obtain roughly similar variations of the total salt content in the surface layer of both basins. The linear trends for the periods 1950-1993 are positive in both basins, i.e., there was an overall salinity increase. However, two periods are identified in the Eurasian Basin with a negative trend in 1958-1979 and a positive trend in 1979-1993 and two periods in the Canadian Basin with opposite trends – positive in 1960-1982 and negative in 1982-1993 (Fig. 14).

A statistical analysis of average salinities in the basins allowed us to determine a correlation between the variations in the two basins. The salinity variation in the Eurasian basin is one year delayed in comparison to the one in the Canadian Basin. We assume that this statistical relation with a positive correlation coefficient of 0.31 is the consequence of significant surface water transport from the Canadian Basin to the Eurasian Basin.

A negative correlation coefficient of -0.32 was obtained with an inverse shift of two years, meaning that the salinity increase (decrease) in the Eurasian Basin is coupled in two years with the salinity decrease (increase) in the surface layer in the Canadian Basin. This phenomenon can be attributed to the influence of the following processes. Under the dominance of an anticyclonic regime of atmospheric circulation, the anticyclonic gyre area expands and the surface frontal zone of average salinity moves westward from the Lomonosov Ridge. Freshened water of the Laptev Sea and East-Siberian Sea flows directly to the Amundsen Basin. As a result, the average salinity in the Eurasian Basin decreases and in the Canadian Basin increases. During the cyclonic regime of the atmospheric circulation, the influence of Atlantic Water on the surface layer of the Eurasian Basin is intensified and its average salinity increases. The surface salinity front moves eastward from the Lomonosov Ridge. Freshened water of the Laptev and the East-Siberian seas spreads to the east and together with water of the Chukchi Sea is entrained into the anticyclonic gyre. Salinity in the Canadian Basin and the Beaufort Basin decreased. Thus, we hypothesize that this is the reason for the inverse variations of salinity in the two basins with a delay of two years in Canadian Basin.

It was noted above that in general from 2007 to 2009 a tendency to the return of haline state of the surface layer to the climatological average is observed in the Arctic Basin (see Fig. 11). In this context it is of interest that the average salinity

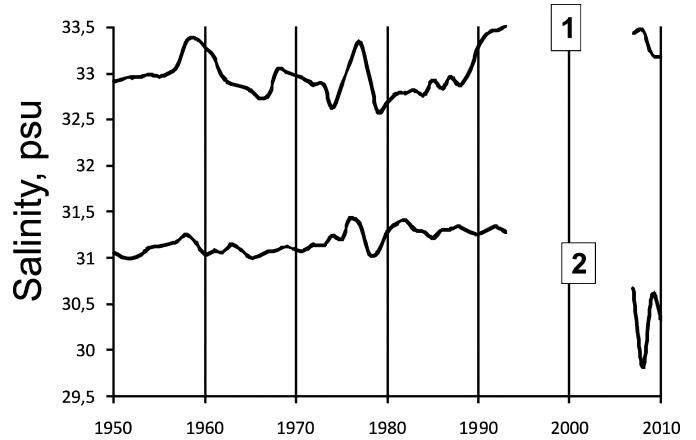


Fig. 14: Inter annual variability (1950 to 2010) of average salinity in the surface 5-50 m layer in winter in the Eurasian (1) and Canadian (2) Basins

Abb. 14: Variabilität des mittleren Salzgehalts in der Oberflächenschicht von 5-50 m im Winter im Eurasischen Becken (1) und Kanadischen Becken (2) für die Jahre 1950 bis 2010.

in the surface 5-50 m layer in the winter of 2007-2009 in the Eurasian Basin were higher than in the 1950s and 1970s (Fig. 14, curve 1), but did not exceed the average salinity in the early 1990s. In the Canadian Basin, the salinity in 2007-2009 was much lower than the minimum values of the 1950s-1960s. A phase of extreme salinity decrease in the Canadian Basin and of the anomalous state of the Eurasian Basin during the IPY and later suggests that in the 1990s or at least in 2007/2008, there was a transition of the “AB surface layer” system to another macro-state stage.

Atlantic Water

Using the hybrid database, we have analyzed the interannual changes of the average potential temperature (we will not further stress the use of potential temperature) and salinity of the Atlantic Water layer for the Eurasian and Canadian basins, which differ significantly in the thermal state, salinity and circulation of AW. Figure 15 presents plots of interannual variability of average temperature and salinity for these two basins. Time series indicate linear trends of the same sign in both basins: positive for temperature and negative for salinity. The longterm decrease of AW salinity, i.e., a negative linear trend is slightly greater in the Eurasian Basin, than in the Canadian Basin. However we do not exclude that the linear trend is caused by an even longer term variation with a typical time scale greater than duration of the series analyzed, which does not allow us to unambiguously interpret the cause of prolonged tendencies in the AW salinity variations in the Arctic Basin, and likewise in average temperatures.

It was shown that the salinity in 2007-2009 was in the range of values observed earlier and did not indicate an exceptional condition of the AW state during the IPY. At the same time the AW average temperature during the IPY in the Eurasian Basin was anomalous and beyond the earlier observed values, while in the Canadian Basin, an extreme situation was registered. As can be seen from Table 2, presenting the climatological average temperature and salinity and anomalies of these characteristics in different time intervals, the average tempera-

	Parameter	Mean	Anomaly						
			1960	1970	1980	1990	2000		
Eurasian Basin	Temperature, °C	0.6705	-0.059 1950-1952	+0.039 1953-1963	-0.028 1964-1981	+0.028 1982-1985	-0.039 1986-1988	+0.051 1989-1993	+0.078 2007-2009
	Salinity	34.877	+0.006 1950-1957	-0.007 1958-1959	+0.008 1960-1978		-0.019 1979-1993		+0.047 2007-2009
Canadian Basin	Temperature, °C	0.284	+0.000 1950-1961	+0.039 1962-1973	-0.010 1974-1993			+0.078 2007-2009	
	Salinity	34.842	+0.026 1950-1953	-0.007 1954-1962	+0.003 1963-1969	-0.014 1970-1975	+0.011 1976-1987	-0.014 1988-1993	-0.017 2007-2009

Tab. 2: Multiyear average of potential temperature and salinity of Atlantic Water (AW) for 1953-1993 and anomalies of characteristics relative to a multiyear average for different periods; boxes with positive anomalies are shaded.

Tab. 2: Mehrjähriger Durchschnitt der potentiellen Temperatur und Salinität des Atlantischen Wassers (AW) im Eurasischen und Kanadischen Becken für 1953-1993 und charakteristische Anomalien relativ zu einem mehrjährigen Durchschnitt für verschiedene Zeitabschnitte. Schattierung = Zeiten mit positiven Abweichungen.

ture in 2007-2009 was greater than the climatological multiyear average for this region, and the range of the AW average temperature change from 1993 to 2007 was 10-fold (!) greater than the RMS deviation for the period 1950-1993. Transferring into the thermal expansion it results a unique situation of Atlantic water in the Arctic Basin is unique for the last 20 years in comparison to the entire historical period of instrumental observations. The studies of IPY 2007/2008 describe a unique situation that allows expanding our knowledge on the possible limits of variations of the Arctic marine system. However, one has to keep in mind that during the 2007-2009 period in both basins the temperature decrease and salinity increase of the Atlantic Waters were observed.

From the time series (Fig. 15), the periods were derived during which temperature and salinity were higher or lower than the average for 1950-1993. The duration of these periods is specified. The visual analysis suggests that the AW warming stage of 1952-1960 in the Eurasian Basin was manifested in the Canadian Basin 10 years later and continued in this region three years more. The AW cooling period, which in the Eurasian Basin was observed in 1961-82, began in the Canadian Basin 13 years later. Warming which has begun in the Eurasian Basin in 1989, was noted in the Canadian Basin in the early 2000s (SHIMADA et al. 2004), i.e. for 11-14 years later. The periods of the salinity increase (1950-1957), (1961-1978) and decrease (1958-1959), (1979-1993) in the Eurasian Basin were noted in the Canadian Basin 8-16 years later and the duration of the duration of such periods did not coincide.

Taking into account that the AW changes in the Canadian Basin are first of all a result of the AW flow from the Eurasian Basin, the estimated signal lag given here is quite realistic. We suggest that the causes of the difference in duration of the periods of salinity increase and decrease in the basins, can be found in the difference of the circulation patterns and the AW transformation mechanisms in the Eurasian and Canadian regions, but a safe conclusion requires a further analysis.

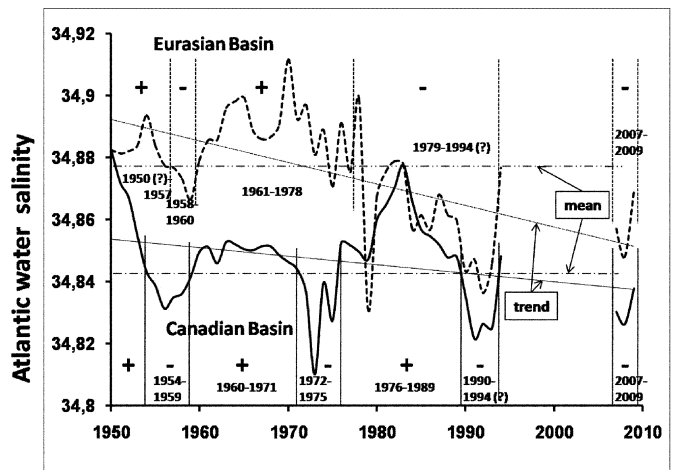
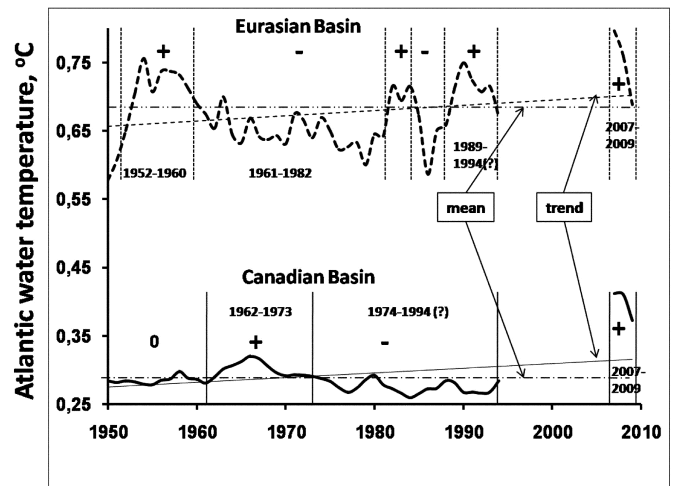


Fig. 15: Interannual variations (1950 to 2010) of average potential temperature (a) and salinity (b) of Atlantic Water (AW) and linear trends in the Eurasian Basin and Canadian Basin.

Abb. 15: Veränderungen der mittleren potentiellen Temperatur (a) und des Salzgehalts (b) des Atlantischen Wassers (AW) und ihre linearen Trends im Eurasischen Becken und Kanadischen Becken in den Jahren 1950 bis 2010.

It is noted that in the Eurasian Basin temperature and salinity anomalies vary frequently in opposite direction. In the Canadian Basin the period of warming of 1962-1973 was accompanied by salinity increase, but in the period 1976-1989 the signs of temperature and salinity anomalies were opposite.

To determine the causes of such relationships between the temperature and salinity changes is not so far possible. This is mainly due to the fact that the average temperature and salinity in the Atlantic Water layer in general for the basins present the generalized indexes of the AW state. In addition to advective transfer, changes of characteristics depend on multiple inner processes of AW transformation in the basins and external factors. That is why this problem requires further careful analysis for its solution.

CONCLUSIONS

Radical changes of surface layer temperature and salinity in the layers of water of Pacific and Atlantic origin, which have occurred in the Eurasian Basin and especially in the Canadian Basin during the IPY 2007/2008 and later raise the following important questions:

(i) Will the modern state of the Arctic Ocean return to the formerly observed state (conditionally equilibrium state) or is the phase of 2007-2009 a pre-collapse state of the former Arctic Ocean conditions?

(ii) What are the limits of the variations of internal parameters of the Arctic oceanic system and is it possible to assess the probability of irreversible changes of the thermohaline structure and water and ice circulation in the Arctic Ocean.

Recognizing the mechanisms and complex nature behind the extreme changes in the Arctic Ocean will be critical to our understanding of the future climate change in the Arctic.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was a part of the German-Russian cooperation in the projects “Laptev Sea System” and “Otto Schmidt Laboratory for Polar and Marine Sciences” (OSL) funded by the German Ministry for Education and Research (BMBF), as well as by Roshydromet and Russian Ministry of Education and Science. The paper has benefited tremendously from the careful reviews of Dorothea Bauch (Kiel) and Eberhard Fahrbach (Bremerhaven). We are very grateful for their advice, suggestions and improving the English text, which greatly helped to improve the manuscript.

References

- Aagaard, K. & Carmack, E.C. (1994): The Arctic Ocean and climate: A perspective. In: O.M. Johannessen, R.D. Muench & J.E. Overland (eds), *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment*.- Geophys. Monogr. 85: 5-20.
- Arctic in Rapid Transition (2011): <http://www.iarc.uaf.edu/en/ART/>
- Arctic Report Card (2011): <http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/>.
- Bekryaev, R.V., Polyakov, I.V. & Alexeev, V.A. (2010): Role of polar amplification in long-term surface air temperature variations and modern arctic warming.- *J. Climate* 23:3888-3906, doi:10.1175/2010JCLI3297.1.
- Belchansky, G.I., Douglas, D.C. & Platonov, N.G. (2008): Fluctuating Arctic sea ice thickness changes estimated by an in-situ learned and empirically forced neural network model.- *J. Climate* 21: 716-729.
- Comiso, J.C., Parkinson, C.L., Gersten, R. & Stock, L. (2008): Accelerated decline in the Arctic sea ice cover.- *Geophys. Res. Lett.* 35: L01703, doi:10.1029/2007GL031972.
- Carmack, E.C., Macdonald, R.W., Perkin, R.G., McLaughlin, F.A. & Pearson, R.J. (1995): Evidence for warming of Atlantic water in the southern Canadian Basin of the Arctic Ocean: Results from the Larsen-93 expedition.- *Geophys. Res. Lett.* 22: 1061-1064.
- Dmitriev A.A. (2007) About the reasons of occurrence of a natural phenomenon in the Arctic in the summer of 2007.- *Problemy Arktiki i Antarktiki* 72: 115-127.
- Frolov, I.E. (ed) 2011): *Review of Hydrometeorologic Processes in Arctic Ocean 2007, 2008, 2009, 2010, 2011*.- Rotaprint GNTs RF AANII, St. Petersburg (in Russian).
- Frolov I.E., Gudkovich, Z.M., Radionov, V.F., Shirochkov, A.V. & Timokhov, L.A. (2005): *The Arctic Basin: Results from the Russian Drifting Stations*.- Praxis Publishing Ltd. Chichester UK, 1-272 P.
- Frolov, I.E., Gudkovich, Z.M., Karklin, V.P. et al. (2007): *Scientific Studies in Arctics, vol. 2: Climate Changes of Ice Cover of Eurasian Shelf Seas*, Nauka, St. Petersburg (in Russian).
- Frolov I.E., Ashik I.M., Kassens H., Polyakov I.V., Proshutinsky A.Yu., Sokolov V.T. & Timokhov L.A. (2009): Anomalous Variations in the Thermohaline Structure of the Arctic Ocean.- *Doklady Earth Sci.* 429A: 1567-1569.
- Golovin P.N., Kochetov, S.V. & Timokhov, L.A. (1993): The characteristic features of thermohaline structure in the Arctic ice leads.- *Okeanologiya* 33: 833-838.
- Gudkovich, Z.M., Proshutinsky, A.Yu., Timokhov, L.A., Koltyshev, A.E. & Garmanov A.L. (2004): Climatic salinity changes of the surface layer of the Arctic Ocean.- ACSYS Final Sci. Conf., St. Petersburg, Russia, 11-14 November, 2003. WCRP-118 (CD), WMO/TD No. 1232: 3.
- Koltyshev, A.E. & Timokhov, L.A. (1998): Reconstruction of Oceanographic Fields in the Arctic Ocean.- *Meteorology Gidrologiya* 2: 65-72 (in Russian).
- Kuang, Z. & Yung, Y.L. (2000): Observed albedo decrease related to the spring snow retreat.- *Geophys. Res. Lett.* 27: 1299-1302.
- Kurazhov V.K., Ivanov V.V. & Korzhikov A.Ya. (2007): A role of atmospheric circulation in formation of long-term variations of the Arctic climate.- *Trudy of AARI.* 447: 33-43.
- Lindsay, R.W., J. Zhang, J., Schweiger, A.J., Steele, M.A. & Stern, H. (2009): Arctic sea ice retreat in 2007 follows thinning trend.- *J. Climate* 22: 165-176.
- McLaughlin, F.A., Carmack, E.C., Macdonald, R.W. & Bishop, J.K.B. (1996): Physical and geochemical properties across the Atlantic/Pacific water mass front in the southern Canadian Basin.- *J. Geophys. Res.* 101: 1183-1197.
- Meier, W.N., Stroeve, J. & Fetterer, F. (2007): Whither Arctic sea ice? A clear signal of decline regionally, seasonally and extending beyond the satellite record.- *Annals. Glac.* 46: 428-34.
- Morison, J., Steele, M., Kikuchi, T., Falkner, K. & Smethie, W. (2006): Relaxation of central Arctic Ocean hydrography to pre-1990s climatology.- *Geophys. Res. Lett.* 33: L17604, doi:10.1029/2006GL026826.
- Morison, J., Kwok, R., Peralta-Ferriz, C., Alkire, M., Rigor, I., Andersen, R., Steele, M. (2012): Changing Arctic Ocean freshwater pathways.- *Nature* 481: 66-70, doi:10.1038/nature10705.
- Nghiem, S.V., Rigor, I.G., Perovich, D.K., Clemente-Colon, P., Weatherly, J.W. & Neumann, G. (2007): Rapid reduction of Arctic perennial sea ice.- *Geophys. Res. Lett.* 34: L19504, doi:10.1029/2007GL031138.
- Nikiforov Ye.G. & Shpaikher, A.G. (1980): *Formation Characteristics of Hydrological Regime large-Scale variations in the Arctic Ocean*.- Gidrometeoizdat, Leningrad: 1-267 (in Russian).
- Parkinson C.L., Cavalieri D.J., Gloersen P. et al. (1999): Arctic sea ice extents, areas, and trends, 1978-1996.- *J. Geophys. Res.* 104C9: 20837-20.256.
- Perovich, D.K., Richter-Menge, J.A., Jones, K.F. & Light, B. (2008): Sunlight, water, and ice: extreme Arctic sea ice melt during the summer of 2007.- *Geophys. Res. Lett.* 35: L11501, doi:10.1029/2008GL034007.
- Pokrovsky, O.M. (1984): *Optimization of meteorological remote sensing of the atmosphere from satellites*.- Leningrad: Gidrometeoizdat, 1-284 (in Russian).
- Pokrovskiy, O.M. & Timokhov, L. (2002): The reconstruction of the winter fields of the water temperature and salinity in the Arctic Ocean.- *Oceanology* 42: 1-822-830 (in Russian).
- Polyakov, I.V., Walsh, D., Dmitrenko, I., Colony, R. & Timokhov, L. (2003): Arctic Ocean variability derived from historical observations.- *Geophys. Res. Lett.* 30: 1298, doi:10.1029/2002GL016441.
- Polyakov I.V., Alekseev G.V., Timokhov L.A., Bhatt U., Colony R.L., Simmons H.L., Walsh D., Walsh J.E., Zakharov V.F. (2004): Variability of the intermediate Atlantic Water of the Arctic Ocean over the last 100 years.- *J. Climate* xx: 4485-4497.
- Polyakov, I.V., Beszczynska, A., Carmack, E.C., Dmitrenko, I.A., Fahrbach, E., Frolov, I.E., Gerdes, R., Hansen, E., Holfort, J., Ivanov, V., Jonson, M., Karcher, M., Kauker, F., Morison, J., Orvik, K., Schauer, U., Simmons, H.,

- Skagseth, O., Sokolov, V., Steel, M., Timokhov, L., Walsh, D. & Walsh, J.E. (xxxx): One more step toward a warmer Arctic.- *Geophys. Res. Lett.* 32: 1-4, L17605, doi:10.1029/2005GL0237402005.
- Polyakov, I.V., Alexeev, V.A., Belchansky, G.I., Dmitrenko, I.A., Ivanov, V.V., Kirillov, S.A., Korablev, A.A., Steele, M., Timokhov, L.A. & Yashayaev, I. (2008): Arctic Ocean freshwater changes over the past 100 years and their causes.- *J. Climate* 21: 364-384.
- Polyakov, I.V. et al. (2010): Arctic Ocean warming reduces polar ice cap.- *J. Phys. Oceanogr.* 40: 2743-2756, DOI: 10.1175/2010JPO4339.1.
- Polyakov, I.V., Alexeev, V.A., Ashik, I.M., Bacon, S., Beszczynska-Möller, A., Carmack, E.C., Dmitrenko, I.A., Fortier, L., Gascard, J.-C., Hansen, E., Hölemann, J., Ivanov, V.V., Takashi, K., Kirillov, S., Lenn, Y.-D., McLaughlin, F.A., Piechura, J., Repina, I., Timokhov, L.A., Walczowski, W. & Woodgate, R. (2011): Fate of early-2000's Arctic warm water pulse.- *Bull. Met. Soc.* 92: 561-566, DOI:10.1175/2010BAMS2921.1.
- Quadfasel, D.A., Sy, A., Wells, D. & Tunik, A. (1991): Warming in the Arctic.- *Nature* 350: 385.
- Rigor, I.G., Colony, R. & Martin, S. (2000): Variations in surface air temperature observations in the Arctic, 1979-97.- *J. Climate* 13: 896-914.
- Rothrock, D.A., Yu, A.Y. & Maykut, G.A. (1999): Thinning of the Arctic sea-ice cover.- *Geophys. Res. Lett.* 26: 3469-3472.
- Rothrock, D.A., Zhang, J. & Yu, A.Y. (2003): The Arctic ice thickness anomaly of the 1990s: a consistent view from observations and models.- *J. Geophys. Res.* 108: 3083, doi:10.1029/2001JC001208.
- Serreze, M.C. et al. (2000): Observational evidence of recent change in the northern high-latitude environment. *Climatic Change* 46: 159-207.
- Serreze, M.C. & Francis, J.A. (2006): The arctic amplification debate.- *Climatic Change* 76: 241-264.
- Serreze, M.C., Maslanik, J.A., Scambos, T.A., Fetterer, F., J. Stroeve, J., Knowles, K., Fowler, C., Drobot, S., Barry, R.G. & Haran, T.M. (2003): A record minimum arctic sea ice extent and area in 2002.- *Geophys. Res. Lett.* 30: 1110, doi:10.1029/2002GL016406.
- Serreze, M.C., Barrett, A.P., Slater, A.G., Woodgate, R.A., Aagaard, K., Lammers, R.B., Steele, M., Moritz, R., Meredith, M., & Lee, C.M. (2006): The large-scale freshwater cycle of the Arctic.- *J. Geophys. Res.* 111: C11010, doi:10.1029/2005JC003424.
- Shen, S.P., North, G.R. & Kim, K.Y. (1994): Spectral approach to optimal estimation of global average temperature.- *J. Climate* 1994: 1999-2007.
- Shimada, K., McLaughlin, F., Carmack, E., Proshutinsky, A., Nishino, S. & Itoh, M. (2004): Penetration of the 1990s warm temperature anomaly of Atlantic Water in the Canada Basin.- *Geophys. Res. Lett.* 31: L20301, doi:10.1029/2004GL02086.
- Shutilin S.V., Makshtas, A.P. & Alexeev, G.V. (2008): Modeling estimations of expected changes of ice cover in the Arctic under anthropogenic warming in XXI century.- *Проблемы Арктики и Антарктики.* 2008, 2 (79), C: 100-110.
- Smith, T., Reynolds, R., Livezey, R. & Stokes, D. (1996): Reconstruction of historical sea surface temperatures using empirical orthogonal functions.- *J. Climate* 9: 1403-1420.
- Steele, M. & Boyd, T. (1998): Retreat of the cold halocline layer in the Arctic Ocean.- *J. Geophys. Res.* 103: 10 419-10 435.
- Stroeve, J., Holland, M.M., Meier, W., Scambos, T. & Serreze, M. (2007): Arctic sea ice decline: faster than forecast.- *Geophys. Res. Lett.* 34: L09501, doi:10.1029/2007GL029703.
- Stroeve, J., Serreze, M., Drobot, S., Gearheard, S., Holland, M., Maslanik, J., Meier, W. & Scambos, T. (2008): Arctic sea ice extent plummets in 2007, *EOS Trans., AGU*, 89(2), 13-14.
- Swift, J.H., Aagaard, K., Timokhov, L., & Nikiforov, Ev.G. (2005): Long-term variability of Arctic Ocean waters: evidence from a reanalysis of the EWG Data Set.- *J. Geophys. Res.* 110: C03012, doi:10.1029/2004JC002312
- Tanis, F. & Timokhov, L. (eds) (1998): Joint U.S.-Russian Atlas of the Arctic Ocean, *Oceanography Atlas for the Winter (1997) and Summer Period (1998)*.- Environmental Working Group, Univ. Colorado, Boulder, CD-ROM.
- Timmermans, M.-L. & Garrett, C. (2006): Evolution of the deep water in the Canadian Basin in the Arctic Ocean.- *J. Phys. Oceanogr.* 36: 886-874.
- Walsh, J. E., Chapman, W.L. & Shy, T.L. (1996): Recent decrease of sea level pressure in the central Arctic.- *J. Climate* 9: 480-486.
- Walsh, J.E. & Chapman, W.L. (2001): 20th-century sea-ice variations from observational data.- *Annals Glac.* 33: 444-448.
- Walsh, D., Polyakov, I.V., Timokhov, L.A., & Carmack, E. (2007): Thermohaline structure and variability in the eastern Nansen Basin from historical data.- *Deep Sea Res.* 65: xx-xx.
- Weary, B.C., Navato, A.R. & Newell, R.S. (1976): Empirical orthogonal Analysis of Pacific sea surface temperatures.- *J. Phys. Oceanogr.* 6: 671-678.
- Woodgate, R.A., Weingartner, T. & Lindsay, R. (2010): The 2007 Bering Strait oceanic heat flux and anomalous Arctic sea-ice retreat.- *Geophys. Res. Lett.* 37: L01602, doi:10.1029/2009GL041621.
- Zhang, X., Sorteberg, A., Zhang, J., Gerdes, R. & Comiso, J.C. (2008): Recent radical shifts of atmospheric circulations and rapid changes in Arctic climate system.- *Geophys. Res. Lett.* 35: L22701, doi:10.1029/2008GL035607.
- I. V. Polyakov, I.V., Alexeev, V.A., Belchansky, G.I., Dmitrenko, I.A., Ivanov, V.V., Kirillov, S.A., Korablev, A.A., Steele, M., Timokhov, L.A. & Yashayaev, I. (2008): Arctic Ocean freshwater changes over the past 100 years and their causes.- *J. Climate* 21: 364-384.

Mitteilungen

Zum hundertjährigen Jubiläum der Deutschen Antarktischen Expedition unter der Leitung von Wilhelm Filchner, 1911-1912

von Reinhard A. Krause¹

Zusammenfassung: Der Beitrag soll zunächst an die zweite deutsche Antarktisexpedition 1911/12 (2. DAE) erinnern und rückt auch die Erreichung des Südpols durch Scott und Amundsen sowie die Expeditionen von Mawson, Australien, und Shirase, Japan, ins Bewusstsein – alles Ereignisse, die im selben Zeitintervall stattfanden.

Die Arbeit stützt sich im Wesentlichen auf gedruckte Quellen. Fakten zur Planung und Durchführung der Expedition und zur Bedeutung des Expeditionsleiters Filchner werden skizziert. Dabei wird die 2. DAE auch in einen internationalen historischen und wissenschaftshistorischen Kontext gestellt. Darüber hinaus werden weitere Fragen aufgeworfen und diskutiert – z.B.: Warum war der Leiter der Deutschen Südpolar-Expedition 1901/03 v. Drygalski so wenig von Filchners Qualitäten überzeugt? Gleichzeitig wird betont, dass es Filchner nicht gelungen ist, auf v. Drygalski zuzugehen. Diese Diskrepanz hatte auf die Expedition erhebliche negative Auswirkungen, auf die im Haupttext und in den Endnoten des Aufsatzes eingegangen wird. Dabei wird auch auf den Umstand abgehoben, dass Filchner nicht in der Lage war, den marinen Schwerpunkt der Expedition zu erkennen. Unverständlich auch, dass Filchner offenbar nie mit Alfred Wegener Kontakt aufgenommen hat, der seinerzeit zu den wenigen Deutschen gehörte, die über Erfahrungen im Reisen in polaren Gebieten verfügten. Angesichts der Möglichkeiten und der Ziele der Expedition ist dieser Umstand schwer verständlich.

Ferner werden die Ergebnisse der 2. DAE herausgestellt, die auf den Gebieten Biologie – während der viermonatigen Anreise –, Ozeanographie und Meteorologie durchaus bahnbrechenden Charakter hatten, was selten hinreichend gewürdigt wurde. Als wichtigster Punkt gilt jedoch der geographische Aspekt, dass man erst seit Filchners Expedition von einem Weddellmeer sprechen kann. Erst dieser Expedition ist es zu verdanken, dass man die Dimensionen dieses Seegebietes abschätzen konnte und dabei ein zweites großes antarktisches Schelfeis entdeckte. In diesem Sinne gehört die 2. DAE zu den bedeutenden Expeditionen der Entdeckungsgeschichte.

Abstract: The paper is to remember the second German Antarctic Expedition 1911/12 (2. DAE) and also brings the commemoration of reaching the South Pole by Scott's and Amundsen's crews as well as the expeditions of Shirase, Japan and Mawson, Australia to our awareness – all events which took place in an identical time slot.

The article is basically supported by printed sources. Some facts concerning the strategy and the execution of the expedition will be delineated. In addition the 2. DAE will be considered in an international historical context. In a further step some questions will be presented and discussed: What was the reason that the leader of the German South Polar-Expedition 1901/03 v. Drygalski did not feel confident about the qualities of Filchner? And on the other hand, why did Filchner never take sufficient steps to establish a good understanding with Drygalski? This discrepancy, as well as the fact that Filchner could not accept the marine character of the undertaking, turned out to be a negative factor during the whole conduct of the expedition. These circumstances are discussed on both levels of the article. Incomprehensibly also that Filchner obviously never contacted Alfred Wegener who was one of the very rare Germans which had experience in polar travelling. Under the view of the ambitious scope and the intentions of the expedition this fact is hard to understand.

Moreover the results of the 2. DAE will be highlighted which are in the fields of biology – during the four months of the Atlantic voyage – oceanography and meteorology of an innovative standard, which were rarely valued. But the most important point is the geographical aspect that only since Filchner's expedition it makes sense to talk of a Weddell Sea. It is this expedition, which

first provided an estimation of the dimensions of this part of the Southern Ocean and detected a second large Antarctic barrier ice. In this sense it is one of the great expeditions of the earth's exploration.

EINLEITUNG

Am 7. Mai 1911 verließ die Bark „Deutschland“ Bremerhaven (Abb. 1). Sie strebte einem ungewöhnlichen Ziel zu: dem Weddell-Sektor der Antarktis. Eingeschifft waren die Teilnehmer der zweiten Deutschen Antarktischen Expedition (2. DAE).¹ Der Leiter der Expedition, der als Asienreisende bekannte Wilhelm Filchner (1877-1957), war allerdings nicht an Bord. Er folgte der Expedition Monate später nach Buenos Aires per Passagierdampfer.²

Im Folgenden wird ein Abriss des Expeditionsgeschehens gegeben. Es existiert eine ausführliche Reiseschilderung aus Filchners Feder (FILCHNER 1922).³ Ergänzt wird diese Quelle durch Archivalien; dazu gehören u.a. das vollständige Tage-



Abb 1: Die „Deutschland“ ex „Bjørn“, Expeditionsschiff der zweiten Deutschen Antarktisexpedition (2. DAE) 1911 in Bremerhaven; Länge zwischen den Loten 44,9 m (PGM 1911/1, Tafel 56).

Fig. 1: The “Deutschland” ex “Bjørn” the expedition vessel of the 2. DAE (second German Antarctic Expedition) in Bremerhaven; length between perpendiculars 44,9 m (PGM 1911/1, sheet 56).

¹ Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Alten Hafen 26, D-27568 Bremerhaven.

buch des Physikers Erich Barkow (BARKOW 1911/14), Aufzeichnungen des norwegischen Matrosen Paul Bjørvik (BJØRVIK 1913) und eine Dokumentation (KIRSCHMER 1985), in der die kolossalen sozialen Verwerfungen thematisiert werden, die diese Expedition kennzeichnen. Diese Dokumentation stützt sich im Wesentlichen auf Aufzeichnungen aus dem Nachlass Filchners. Als wichtigste Sekundärquelle ist RACK (2010) zu nennen.

Die Begründung und das Programm der Expedition, ein Urteil darüber, ob die Expeditionsausrüstung dem Stand der Technik entsprach und für die Aufgabenstellung hinreichend war, sowie ein paar Worte zu den Wissenschaftlern, Nautikern und Technikern der Expedition, sind Teil der wissenschaftshistorischen Betrachtung, zu der auch die Berücksichtigung weiterer Südpolarexpeditionen gehört die im selben Zeitraum stattfanden.

Bei der Erwähnung der wissenschaftlichen Ergebnisse ist zu beachten, dass diese nicht geschlossen publiziert wurden, wie damals üblich, sondern im Laufe der Jahre in Fachzeitschriften erschienen. Für diesen Umstand lassen sich zwei Ursachen benennen: Neben der personellen Zerrissenheit der Kampagne – einige Wissenschaftler sollen es abgelehnt haben gemeinsam mit Filchner zu publizieren – war dies vor allem der Beginn des Ersten Weltkriegs. Da in den meisten Fachartikeln auch mehr oder weniger ausführliche Reisezusammenfassungen enthalten sind, können diese ebenfalls als Quelle zu den Expeditionsergebnissen benutzt werden.

Der Mann, der die Idee einer deutschen Antarktiskampagne popularisierte und ihr eine sehr interessante geographisch-wissenschaftliche Aufgabe stellte, der Mann, der die Mittel beschaffte, schlicht: die Identifikationsfigur der ganzen Angelegenheit, war Wilhelm Filchner (Abb. 2). Es ist daher im Rahmen der vorliegenden Betrachtung unerlässlich, der komplexen Persönlichkeit Filchners und seinem Lebensweg einige Aufmerksamkeit zu widmen.

Eine Reflexion zu dieser im internationalen Maßstab wichtigen Antarktisexpedition darf – 100 Jahre nach ihrer Ausreise – neben dem wissenschaftshistorischen auch das politische Umfeld betrachten. Tatsächlich wurde spätestens ab 1912 der Krieg als unausweichlich dargestellt – Motto: je eher, desto besser. Es ist aus heutiger Sicht schwer nachvollziehbar, mit welcher Selbstverständlichkeit in Deutschland wie in anderen europäischen Staaten öffentlich über die Notwendigkeit von Kriegen schwadroniert wurde. Auch Filchner äußerte sich in diesem Sinne, wie ein Tagebucheintrag vom 27. Januar 1912 belegt, der offensichtlich als Zitat aus einer Ansprache zu lesen ist (KIRSCHMER 1985 S. 16; zu diesem Zeitpunkt war das Innere des Weddellmeeres noch nicht erreicht): „... Feiern heute Kaisers Geb. überall! Wir hier auf „Deutschland“ und unter Reichsdienstflagge doppelt Anlaß, das zu tun, da wir auf 73° S Erste Deutsche! ...“. Nachdem er die Prinzipien des Kaisers gelobt hat, heißt es: „Der Kaiser ist ein Vertreter des imperialistischen Gedankens und geeignet dafür wie kaum ein anderer. Seine Güte allein hindert ihn daran zum Schwerte zu greifen und Deutschland zum nötigen Krieg zu führen. Er wird ihm dafür aufgezwungen und hoffentlich recht bald, bevor es zu spät ist. Das ist mein Geb. Wunsch für ihn.“ Nachdem er ausgeführt hat, dass der Kaiser zwar kein Freund der Expedition sei, aber immer auf der Seite der Erfolgreichen stehe (!),



Abb 2: Wilhelm Filchner (1877-1957), 1911. Der Text auf dem Bild von Filchners Hand lautet: *Herrn Oberinspektor Schulz, dem tatkräftigen Förderer der Deutschen Antarktischen Expedition in dankbarem Gedenken Dr. Wilhelm Filchner, Leiter der Expedition, Buenos Aires 3. X. 11.* (Archiv AWI).

Fig. 2: Wilhelm Filchner (1877-1957), 1911. *The handwritten dedication on the photograph reads: "Mr. chief-inspector Schulz, the energetic promoter of the German Antarctic Expedition in thankful remembrance Dr. Wilhelm Filchner, leader of the Expedition, Buenos Aires 3. X. 11."* (AWI Archives).

schreibt Filchner: „Wir haben es also in der Hand, den Kaiser auf anständige Weise zu zwingen, ein Freund der S.P. Forschung zu werden. Mich freut es, einen Kaiser zwingen zu können, und Sie hoffentlich auch.“⁴

Leider ist die Tatsache weitgehend in Vergessenheit geraten, dass in den Jahren vor der großen Katastrophe, dem Ersten Weltkrieg, konträr zu dem überlieferten militaristischen und imperialistischen Gebaren der Politiker, viele politische und gesellschaftliche Reformbewegungen existierten. Diese erstreckten sich von den Bemühungen zur Durchsetzung des Frauenwahlrechts bis in die Bereiche Ernährung, Kleidung und Wohnen und fanden eine besondere Betonung in den Bereichen Architektur, Kunst und Kultur.⁵ In diesem Sinne ist es kein Zufall, dass der später in viele Sprachen übersetzte Roman von Heinrich Mann *Der Untertan*⁶, der die Obrigkeitshörigkeit und den Kaiserkult thematisiert, auf eine breite Leserschaft stieß.

BIOGRAPHISCHES ZU FILCHNER

Es wurde bis heute keine größere unabhängige Biographie Filchners publiziert; Kurzbiographien finden sich bei BECK 1969, 1971).⁷ D.h., um eine detaillierte Darstellung des abenteuerlichen Lebens dieses international bekannten Forschungsreisenden zu bekommen, muss man zu dessen Autobiographie greifen (FILCHNER 1951).⁸ Auch wenn Filchner in diesem Werk gelegentlich tieferschürfende allgemeine Betrachtungen anstellt, so bleibt doch der Mangel, dass er es unterlässt, politische Stellung zu beziehen. Dazu ein Beispiel: Anschaulich schildert er seine Gefühle, als er von seiner

dritten Tibetreise zurückkehrend, wieder zivilisiertere Gebiete erreichte und am 21. September 1937 davon unterrichtet wurde, dass seine Leistungen gewürdigt und (finanziell großartig) mit dem Deutschen Nationalpreis belohnt wurden (FILCHNER 1951 S. 336).⁹ Weitere Reflexion zur Preisvergabe, d.h. zu dem Zweck des Preises und ihren Stiftern, die man in einem Buch des Jahres 1949/51 erwartet hätte, sucht man hier vergeblich.¹⁰

Ein weiterer merkwürdiger Sachverhalt, der mittelbar mit den persönlichen Schwierigkeiten im Zusammenhang stehen könnte die Filchner während der Antarktisexpedition hatte sei hier angesprochen. Filchner sah sich bereits zu Beginn seiner Karriere mit Spionagevorwürfen konfrontiert, die vermutlich unberechtigt waren, sich aber nach seiner zweiten Asienexpedition 1904/05 wiederholten, zu einem Zeitpunkt, als sich das *Great Game*, der chinesisch/russisch/englische Zwist einschließlich seiner indisch/tibetanisch/afghanischen Einmischungen lebhaft entwickelte. Filchner ist auch in anderen Zusammenhängen immer wieder mit Spionage und Geheimdiensttätigkeit in Verbindung gebracht worden und er selber hat viel dazu beigetragen, diesen Nimbus zu stützen, insbesondere durch die Publikation des Buches *Wetterleuchten im Osten* (FILCHNER 1928).¹¹

Einige biographische Fakten: Filchner wuchs in München in einem großbürgerlichen Milieu auf und durchlief eine elitäre militärische Laufbahn. Maßgebend für seine gesamte Entwicklung war der mutige Entschluss, innerhalb eines Sonderurlaubs eine „Exkursion“ nach Zentralasien zu unternehmen. Diese Reise (1900) hat er in einem kleinen Buch geschildert (FILCHNER 1900), das ihn weit über Deutschland hinaus berühmt gemacht hat.

Nach Studien bei Experten verschiedener Fachrichtungen – ein klassisches Universitätsstudium hat er offensichtlich nicht absolviert (FILCHNER 1951 S. 46) – konnte er zu einer weiteren groß angelegten Forschungsreise nach Zentralasien aufbrechen (1905/06). Auf der Basis der hier gesammelten Daten, Exponaten und Erfahrungen entwickelte sich seine Karriere als Forschungsreisender. Von der bayrischen Militärbehörde wurde er auf drei Jahre zur trigonometrischen Abteilung der Preußischen Landesaufnahme nach Berlin kommandiert (FILCHNER 1951 S. 80). Diese Zeit hat Filchner zum Publizieren und zur Verbesserung seiner Qualifikation genutzt, wobei sich die Aufzählung seiner Lehrer und Förderer wie das *who is who* der damaligen Wissenschaftselite liest. In diese Zeit fällt auch die Verleihung der Ehrendoktorwürde der Universität Königsberg (1908).¹²

PLAN UND VORBEREITUNG DER DEUTSCHEN ANTARKTISCHEN EXPEDITION – VOREXPEDITION NACH SPITZBERGEN

Diese Überschrift entspricht genau der des Kapitels VI der Filchnerschen Autobiographie (FILCHNER 1951 S. 94), die aber als Quelle zu diesem Themenkomplex unzuverlässig ist. Sehr viel ausführlicher und genauer ist das erste Kapitel in Filchners Reisebeschreibung (FILCHNER 1922 S. 1-8). Danach erfolgte die offizielle Bekanntgabe seines Planes, eine wissenschaftliche Expedition in die Antarktis zu unternehmen, am 5. März 1910 auf einer öffentlichen Sitzung der Gesellschaft für

Erdkunde zu Berlin (vgl. ANONYMUS 1911 S. 3).

Die Idee einer deutschen antarktischen Expedition war in weiten Kreisen der deutschen Bevölkerung populär, was nicht zuletzt mit den Aktivitäten anderer Nationen zusammenhing – die Namen Shackleton, Scott und Amundsen¹³ waren in aller Munde. Es soll sogar eine positive Stellungnahme des deutschen Reichstages gegeben haben.¹⁴ Anders reagierte Wilhelm II; dieser stand der Sache skeptisch gegenüber und beteiligte sich nicht an einer Initiative zur Finanzierung der Aktion.¹⁵ In der Literatur findet man gelegentlich den Hinweis, die Finanzierung der zweiten deutschen Südpolar-Expedition 1911-1913 sei rein privat gewesen. Das ist nur bedingt richtig. Zwar hat es eine Reihe von großen privaten Zuwendungen gegeben, aber ein erheblicher Teil wurde über Einnahmen aus einer vom bayrischen Staat genehmigten Lotterie zugunsten des Unternehmens geschöpft – ein Kunstgriff, der sich nur deshalb verwirklichen ließ, weil es Filchner gelungen war, den greisen bayrischen Prinzregenten Luitpold (1821-1912) als Ehrenprotektor der „Deutschen Antarktischen Expedition“ zu gewinnen.¹⁶ Hinzuzufügen ist noch, dass sich Filchner grundsätzlich auf eine Reihe hochrangiger Politiker und prominenter Wissenschaftler stützen konnte, von denen viele Mitglieder des 1910 gegründeten „Komitee für die Deutsche Antarktische Expedition“ waren. Ein Spendenaufruf vom Januar 1911 ist von einem siebenköpfigen „Ehren-Präsidium“ unterzeichnet, zu dem auch der Reichskanzler Bethmann Hollweg (1856-1921) gehört. Hier findet man auch die alphabetisch geordnete Liste der 209 Mitglieder des Komitees – eine Aufzählung prominenter Wissenschaftler, Redakteure, Militärs und Politiker – mit niemand Geringerem als dem Grafen Zeppelin an der letzten Stelle.

Offensichtlich ist, dass Filchner bei den Expeditionsvorbereitungen nicht knausern musste. Er hatte ausreichend Mittel, um die ursprünglich für den Wal- und Robbenfang eingesetzte „Bjørn“ anzukaufen und ließ dieses Schiff, mit persönlicher Beratung durch den britischen Polarhelden Sir Ernest Shackleton, wie Filchner wiederholt schrieb (z.B. FILCHNER 1930 S. 104), auf einer norwegischen Werft verstärken und umbauen und anschließend in Hamburg zwischen dem 19. Februar und 20. April 1911 aus- und umrüsten.¹⁷ Das Schiff, das unter der Reichsdienstflagge (!) fuhr, hat in allen Phasen der Expedition den Anforderungen entsprochen.¹⁸

Im Zusammenhang mit der administrativen Struktur der Expedition gab es eine Besonderheit. Neben dem „Komitee“ gab es den „Verein Deutsche Antarktische Expedition“, der die geschäftliche Seite der Expedition bearbeitete (Leiter G. Schweitzer). Filchner hatte dieses Konstrukt selbst angeregt (LÜDECKE 1995 S. 136), da es ihn von vielen Nebenarbeiten entthob, wie er schrieb, und er sich dadurch auf die Organisation der Expedition konzentrieren konnte. Als Expeditionsleiter war er Angestellter des Vereins. In seinen verschiedenen Publikationen hat Filchner dieses Konstrukt später als nachteilig und schlecht gekennzeichnet. Allerdings wird er bei dieser Kritik nie konkret. Vermutlich hat er gemeint – derartige Andeutungen findet man in KIRSCHMER (1985) – dass es nachteilig war, dass er gegen Expeditionsmitglieder keine Kündigungen aussprechen oder vergleichbare personelle Maßnahmen ergreifen konnte, von denen er sich eine Festigung seiner Autorität versprochen hätte.

Die Entwicklung der Vorbereitung einer Antarktisexpedition wurde ab 1910 in der Fachpresse, speziell in „Petermanns Geographische Mitteilungen“, in „Globus“ und in der „Zeitschrift für Erdkunde“ reflektiert und kommentiert. Da sich auch die Briten mit Expeditionen in die Südpolarregion befassten, fühlte sich Filchner offensichtlich in einer Konkurrenzsituation und wollte so rasch wie möglich aufbrechen. Im Zusammenhang mit der Ausreise von Robert Falcon Scott (Terra-Nova-Expedition 1910-13)¹⁹, kam es in der englischen Presse gar zu Angriffen gegen Filchner, die dieser aber durch ein Gespräch mit Scott zu einer sachlichen Berichterstattung umlenken konnte (FILCHNER 1951 S. 108).²⁰ Zu einem ähnlich guten Einverständnis kam er, nach einem persönlichen Gespräch in Edinburgh, offensichtlich auch mit dem berühmten schottischen Naturkundler und Leiter der schottischen Antarktisexpedition von 1903, William S. Bruce (1867-1921), dem Entdecker von Coats-Land, der auch eine Fortsetzung seiner Antarktisaktivitäten plante (FILCHNER 1922 S. 6).²¹

Filchner gibt in seiner Autobiographie für seine Idee, eine Antarktisexpedition zu initiieren, keine zwingenden Gründe an. Dass er sich seit längerem für die Sache interessierte, ist verbürgt, denn er hatte sich bereits um eine Teilnahme bei der ersten deutschen Antarktisexpedition 1901-03 beworben (LÜDECKE 1995 S. 44). Filchner hatte im Zusammenhang mit seinen Studien bei der „Preußischen Landesaufnahme“ an der Universität Königsberg ein Promotionsverfahren eingeleitet. Überraschend verzichtete die Universität auf Prüfungsleistungen und verlieh ihm den Ehrendoktor – im Alter von 31 Jahren war er damit der jüngste Dr. h.c. des Reiches. Laut Autobiographie nahm er diese Auszeichnung als Ansporn zu weiteren Aktionen. „... Ich beriet mich mit meinem Chef (Abteilungschef im großen Generalstab, General von Bertram), besprach mich mit In- und Ausländischen Fachleuten und kam zu folgendem Entschluss: Es soll eine „Deutsche Antarktische Expedition“ ins Leben gerufen werden, Ihre Aufgabe wird darin bestehen, die Beziehungen zwischen der westlichen und der östlichen Antarktis zu klären“ (FILCHNER 1951 S. 94, Abb. in FILCHNER 1922 S. 3).

In der Denkschrift (Anonymus 1911)²² werden u.a. der allgemeine Plan der Expedition sowie die Einzelheiten des multidisziplinären Programms mit Forschungsaufgaben in den Fachrichtungen Geologie, Ozeanographie, Biologie, Meteorologie, Magnetismus, Astronomie und Geodäsie dargestellt. Vorrang wird naturgemäß der Geographie eingeräumt. Eine Darstellung der geographischen Ziele der Expedition, etwas ausführlicher als in der Denkschrift 1911, findet man in Filchners Reisebeschreibung (Filchner 1922 S. 3). Er zitiert hier eine Sundtheorie des britischen Geographen und Agitators für Südpolarforschung, Sir Clemens Markham (1830-1916). Ausgebaut wurde dessen Ansatz von Otto Nordenskjöld (1869-1924)²³ und Gunnar Andersson (1874-1960), die 1902-04 an der Ostküste der Antarktischen Halbinsel gearbeitet hatten und die es auf Grund der gesammelten Daten für möglich hielten, dass die Westantarktis als 3500 km langer, etwa 300 km breiter Gebirgszug von der Landmasse der Ostantarktis getrennt existierte. Ziel der Expedition sei es, diese These zu überprüfen. Selbstverständlich war das nur möglich, durch einen Vorstoß in das Weddellmeer. In der Denkschrift (ANONYMUS 1911 S. 4) findet man folgende Angabe: „Es ist beabsichtigt, das von Bruce 1904 entdeckte Coatsland auf der Ostseite der Weddellsee aufzusuchen und

dort der Küste soweit wie möglich nach Süden oder Südwesten folgend eine Basisstation zu errichten. Sie soll als wissenschaftliche Station für geographische, geologische, astronomische, erdmagnetische, meteorologische und biologische Arbeiten mindestens ein Jahr lang in Betrieb gehalten werden und als Ausgangspunkt für die Schlittenexpedition ins Innere dienen.“ Weiter wird erläutert, dass die Station mit 11 Mann zu besetzen ist, „während der Schlittenvorstoß südlich der Weddellsee“ zur Klärung der geographischen Kernfrage nach der Verbindung zwischen Ost- und Westantarktis durch vier Personen durchgeführt werden soll. Vage sind hier die Angaben zu der Aufgabe des Expeditionsschiffes. Dazu heißt es: „Das Schiff kehrt, falls es möglich ist, zur Vornahme von Küstenuntersuchungen und weiteren ozeanographischen Arbeiten zurück.“ Damit ist offenbar gemeint, dass das Schiff zur Überwinterung nach Südgeorgien gehen sollte um im folgenden Südsommer die Expeditionsmitglieder von der Basisstation abzuholen.

Zu beachten ist, dass die Thematik – Vorstoß in das so genannte Weddellmeer – auch schon im Zusammenhang mit der ersten deutschen Antarktisexpedition ventiliert wurde, und dass es insbesondere der Geograph und langjährige PGM-Herausgeber Alexander Supan (1847-1920) war, der auf diese Möglichkeit als „Eingangspforte“ in die Antarktis hingewiesen hatte. Dass diese Idee seinerzeit nicht verwirklicht wurde, hatte einen Grund, der ebenfalls auf einer Hypothese beruhte. Der Leiter der Expedition mit dem offiziellen Namen „Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903“ Erich v. Drygalski (1865-1949) folgte der von dem Ozeanographen Otto Krümmel (1854-1912) und dem Geophysiker Georg v. Neumayer (1826-1909) gestützten Idee eines Südstromes südlich der Kerguelen. D.h., hier vermutete man einen Einschnitt in, wenn nicht gar einen Sund durch das Südpolargebiet. Einen Sund vorausgesetzt, wäre dieser im Bereich des Weddellmeeres wieder in den Atlantik eingetreten. Man hätte sich also, ganz nach dem Vorbild der Nansenschen Fram-Drift, vom Indik über den Südpol in den Atlantik treiben lassen können.²⁴ Dass diese Hypothese nicht zutraf, zeigte dann der Verlauf der Drygalski-Expedition.

Wenn oben von dem „so genannten“ Weddellmeer²⁵ die Rede ist, so ist das kein Versprecher. Realität im Jahre 1911 war, dass man ein Seegebiet Weddellmeer nannte, das 1823 von James Weddell (1787-1834) lediglich auf der Länge 23° W ein einziges Mal bis zur südlichen Breite 74°15' befahren worden war.²⁶ Weiter östlich hatte Bruce auf seiner Expedition 1901-03 das Coatsland entdeckt und war dabei bis 73°30' vorgestoßen. Das heißt, eine Expedition mit dem Ziel, im Weddellmeer-Sektor nach Süden vorzustoßen war samt der Sund-Theorie hochgradig spekulativ. Es war völlig offen, wie weit man nach Süden kommen würde und ob es dort Möglichkeiten für eine Landung geben würde. Filchner hatte ursprünglich vorgehabt, ähnlich wie es Shackleton 1914 verwirklichte, gleichzeitig mit einer Gruppe vom Rossmeer aus zu operieren. Nicht zuletzt wegen der damit verbundenen Kosten ließ man diese Ideen rasch fallen.²⁷

„Große Geographische Probleme harren in der Antarktis ihrer Lösung ...“, heißt es einleitend in der Denkschrift (ANONYMUS 1911). Anschließend wird auf eine Kartenskizze verwiesen (Abb. 3). Und weiter wird ausgeführt: „Als die zur Zeit wichtigsten bezeichnete Professor Otto Nordenskjöld aus Gothen-

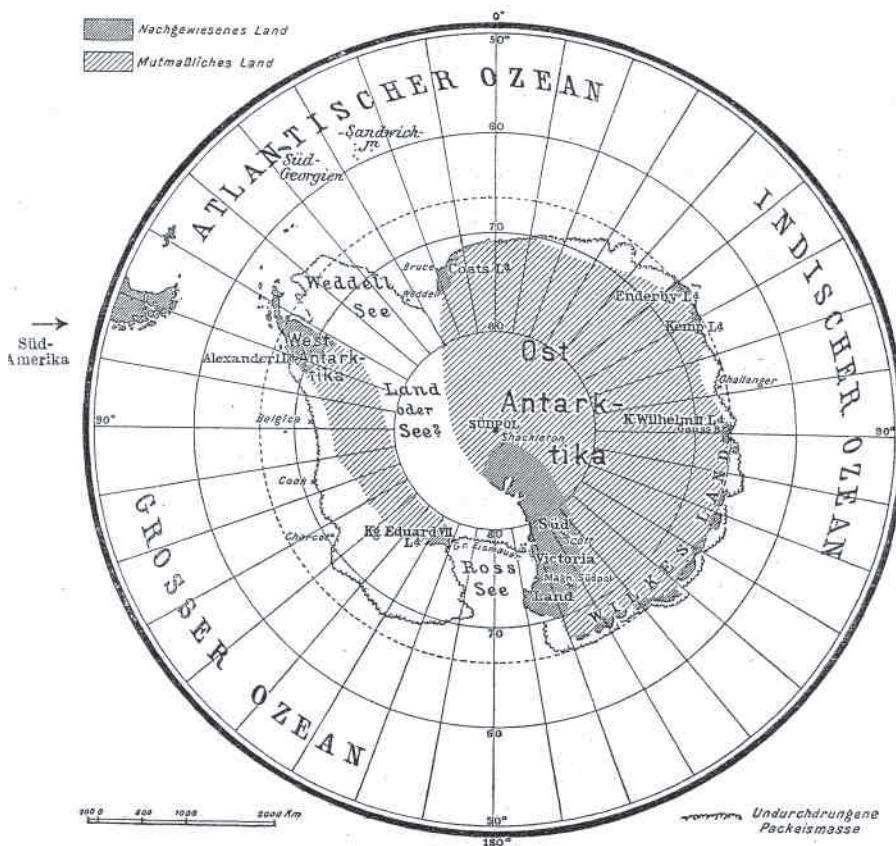


Abb 3: Stand der geographischen Kenntnis von der Antarktis um 1910. Die Karte zeigt, dass eine Verbindung zwischen „Weddell See“ und „Ross See“ als Möglichkeit („Land oder See?“) gesehen wurde (FILCHNER 1922, S. 3).

Fig. 3: Geographical knowledge of the Antarctic around 1910. Map shows that a connection between Weddell Sea and Ross Sea was considered possible (FILCHNER 1922, S. 3).

burg in der Diskussion jener Sitzung“ (gemeint ist die oben erwähnte „Gründungssitzung“ vom 5. März 1910 in Berlin) „die Erforschung der allerinnersten Teile des Südpolarkontinents sowie die Feststellung der Beziehungen zwischen den westantarktischen und den ostantarktischen Landmassen. Diesen beiden Problemen gedenkt die deutsche antarktische Expedition näherzutreten.“ Angesichts der Tatsache, dass weite Teile der Antarktis nicht einmal in ihren Umrissen bekannt waren, musste man Nordenskjölds Einordnung nicht teilen. Allerdings war ja „die Feststellung der Beziehungen zwischen den westantarktischen und den ostantarktischen Landmassen“ zwangsläufig mit dem Vorstoß in das Weddellmeer verbunden und dem war eine Priorität im Rahmen der Antarktisforschung nicht abzusprechen. Dass es im Zusammenhang mit der Erforschung „der allerinnersten Teile des Südpolarkontinents“ klärende Gespräche zwischen Filchner und Scott gegeben hat, wurde schon erwähnt,²⁸ genau wie die Kontakte zu Bruce und Shackleton, die sich aber auf zukünftige Expeditionen bezogen.

Es ist bemerkenswert, dass in der offiziellen Denkschrift von 1911 keinerlei nationale oder patriotische Motive oder Sentenzen, die damals durchaus üblich waren, zum Tragen kommen. Andererseits wird hier mit keinem Wort eine internationale Kooperation oder gar eine internationale Einbindung erwähnt. Über die Scott-Expedition war Filchner, wie wir wissen, bestens informiert und ebenso dürfte er spätestens nach dem Zusammentreffen mit der „Fram“ in Buenos Aires über Amundsens Pläne genauer unterrichtet gewesen sein²⁹. Aber diese Aktionen scheinen die deutsche Expedition nicht tangiert zu haben. Davon, dass eine groß angelegte australische Expedition unter der Leitung von Douglas Mawson (1882-1958) zeitgleich im Adelie Land auf der „gegenüberlie-

genden“ Seite des Kontinents operierte, wusste man offenbar gar nichts. Jedenfalls wird diese Expedition nicht einmal in FILCHNER (1922) erwähnt.³⁰ Das gleiche gilt auch für die vierte Expedition, die sich zeitgleich neben der 2. DAE in der Antarktis aufhielt – die japanische Expedition unter der Leitung von Nobu Shirase (1861-1946).³¹ Festzuhalten bleibt, dass 1911/12 fünf Antarktiskampagnen stattfanden, die unabhängig operierten und nur wenig voneinander wussten.³²

In diesem Punkte unterschied sich die Expeditionserie von 1911 deutlich von der großen internationalen Antarktiskampagne der Jahrhundertwende, die, ausgehend von den internationalen Geographentagen 1895 und 1899 in London und Berlin, in den Jahren zwischen 1898 und 1908/09 (bzw. 1901-1904/05) stattgefunden hatte. Auch wenn damals keine verbindlichen Regeln festgelegt wurden – die Intention einer Kooperation im Sinne des ersten Internationalen Polarjahres 1882/83 bestimmte damals die wissenschaftlichen Fragestellungen. Dazu gehörte als wesentlicher Bestandteil die geographische Aufteilung der Forschungsareale.³³

Dieses Kapitel abschließend ein paar Worte zur Vorexpedition nach Spitzbergen. Das Unternehmen stand unter Filchners Expeditions-Motto: „Optimist in der Durchführung, Pessimist in der Vorbereitung. Die Vorbereitung und Erprobung von Mann und Material blieb der erste Gesichtspunkt der Kampagne“, zu der eine Reisebeschreibung (FILCHNER & SEELHEIM 1911) existiert und auch eine wissenschaftliche Publikation (PHILIPP 1914), der ein allgemeiner Teil vorangestellt ist. Auch in dem Buch „In China - Auf Asiens Hochsteppen - Im ewigen Eis“ (FILCHNER 1930) kann man zu dieser Reise Informationen finden.

Die Vorexpedition nach Spitzbergen bestand in einer kurzen (65 km), aber nicht ungefährlichen Querung der Insel zwischen Tempelbay (Westküste) und der Mohn-Bucht (Ostküste). Der historisch Interessierte findet in den genannten Publikationen zahlreiche Informationen zu der Spitzbergensaison 1910, in der u.a. die Expedition des Grafen Zeppelin dort weilte.³⁴ An dieser Expedition, mit der Filchner aber nicht zusammentraf, beteiligte sich nicht nur Erich von Drygalski sondern auch der Norweger Paul Bjørvik (1857-1932), der als Eislotse auf der „Gauss“, dem Schiff der ersten deutschen Antarktisexpedition, gewesen war und der als Matrose an der Filchnerschen Antarktis-Expedition 1911-12 teilnehmen sollte.³⁵

ZUR TECHNISCHEN, WISSENSCHAFTLICHEN UND PERSONELLEN AUSTRÜSTUNG DER ZWEITEN DEUTSCHEN ANTARKTISCHEN EXPEDITION.³⁶

Als Expeditionsschiff diente die zwischen den Loten 44,2 m messende hölzerne Bark „Deutschland“ ex „Bjørn“ (Baujahr 1905). Sie war mit einer 220 KW Dampfmaschine ausgerüstet und jedenfalls im Rumpf so gut verstärkt, dass sie später allen Eispressungen standgehalten hat.

Bei dem zweimonatigen Umbau auf der renommierten Werft Blohm und Voss in Hamburg wurde das Schiff auf den technischen Stand der Zeit gebracht. Es erhielt eine moderne Generatoranlage, so dass an Bord nicht nur Glühlampen, sondern auch elektrische Maschinen betrieben werden konnten. Ferner war eine starke Funkentelegraphische Anlage installiert, die im ersten Teil der Reise mit Erfolg betrieben wurde. Die Maschinenleistung von 220 KW war damals beachtlich, für heutige Verhältnisse gering, und bestenfalls ausreichend, um im frischen Pfannkucheneis ein paar Meilen zurücklegen zu können.³⁷ Auch wenn in den Berichten von Schifferschütterungen infolge Eisbrechens die Rede ist, ermöglichte die Maschinenleistung lediglich ein Manövrieren im freien Wasser zwischen den Treibeisplatten. Mit genügend Anlauf hat man gelegentlich auch versucht, die eine oder andere Scholle zu durchbrechen.

Das Schiff verfügte über verschiedene Lenzpumpen sowie eine Dampffeuerschanlage und war sicherheitstechnisch gut gerüstet. Die umfangreiche Schiffsbetriebstechnik, zu der neben den erwähnten Anlagen und diversen Winden auch ein Seewasserverdampfer zur Erzeugung von Trinkwasser gehörte, konnte durch einen Hilfskessel versorgt werden.

Wie auf Bildern deutlich erkennbar (Abb. 1), war die segeltechnische Ausrüstung der Bark beachtlich. Die „Deutschland“ war ein vergleichsweise guter Segler und erreichte unter günstigen Bedingungen eine Geschwindigkeit von 10 kn, wozu auch der Umstand beitrug, dass die Schraube von der Welle getrennt und dann in einem „Brunnen“ untergebracht werden konnte, wodurch sich der Rumpfwiderstand verringerte. Ein kleines Boot mit einem 5 kW Motor vervollständigte die Ausrüstung.

Die wissenschaftliche Ausrüstung der „Deutschland“ war vielfältig. Neben einer ozeanographischen Winde wurden drei Lucas-Lotmaschinen eingesetzt, von denen zwei mit einer schnell laufenden Dampfmaschine gekoppelt waren (Abb. 4).

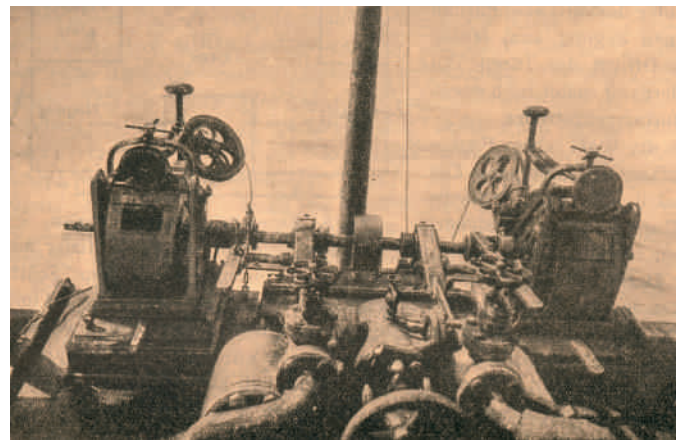


Abb 4: Zwei Lucas-Lotmaschinen (benannt nach dem Konstrukteur), welche mit einer hochtourigen Dampfmaschine gekoppelt sind. Diese mit bis zu 8000 m Klavierdraht (Ø 0,8 - 1 mm) bestückten Maschinen ersetzen die wesentlich größeren und aufwendigeren Maschinen nach Le Blanc und Sigsbee (BRENNECKE 1921 S. 8).

Fig. 4: Two sounding machines system Lucas (named after its designer) coupled with a high revolution steam engine. These machines equipped with 8000 m piano wire (Ø 0,8 - 1 mm) were used instead of the much bigger and more complicated machines of Le Blanc and Sigsbee (BRENNECKE 1921 S. 8).

Ferner waren auch eine Drachenwinde und eine Winde für Fesselballons an Bord samt einer hinreichenden Menge an Wasserstoff in Stahlflaschen. Im Zusammenhang mit den Tiefseelotungen wurden zur Gewinnung von Bodenproben „Schlammröhren und Lotspindeln“ verwendet; die Maximallänge der so gewonnenen Sedimentkerne war 51 cm.³⁸ In einem relativ großen Laborraum auf dem Hauptdeck konnten speziell der Ozeanograph, der Biologe und der Geologe chemische und mikroskopische Analysen vornehmen (Abb. 5). Der Ozeanographie historisch Interessierte findet in BRENNECKE (1921 S. 6-15) eine hervorragende bis ins Detail gehende Beschreibung der technischen Ausrüstung (samt

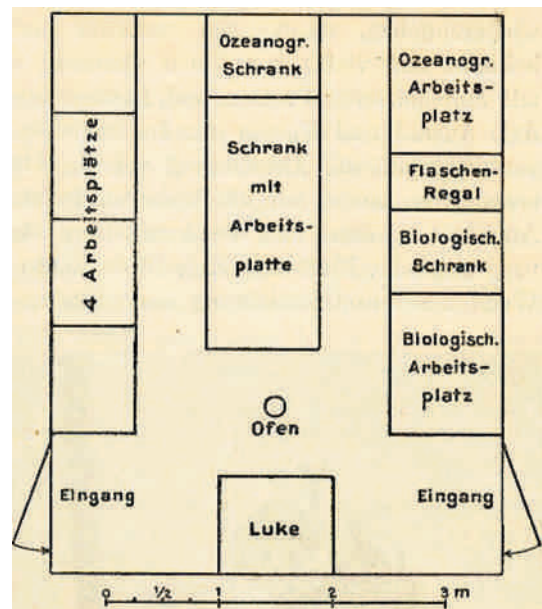


Abb 5: Grundriss des Labors und Aufteilung der wissenschaftlichen Arbeitsplätze auf der „Deutschland“ (BRENNECKE 1921, S. 7).

Fig. 5: Ground plan and layout of the laboratory on board “Deutschland“ (BRENNECKE 1921 S. 7).

Anschaffungskosten) und auch vielen Hinweisen zum realen Betrieb der Anlagen und zu den Problemen der Probenahme und der Lotungen. Ähnliches lässt sich auch für die Einrichtungen zur Planktonforschung konstatieren die bei LOHMANN (1912) beschrieben werden.

Dem Geomagnetiker und dem Meteorologen stand ebenfalls ein ansehnliches Instrumentarium zur Verfügung (PRZYBYLLOK 1933, BARKOW 1924). Eine wichtige Voraussetzung für die verschiedenen wissenschaftlichen Arbeiten ist eine gute Ortsbestimmung. Entsprechend zahlreich waren die verschiedenen astronomisch-geodätischen Instrumente. Auch die photographische Ausrüstung war hervorragend. Es gab eine Dunkelkammer (FILCHNER 1922 S. 20).

Die Unterkünfte waren vergleichsweise großzügig konzipiert. Die Herren – so Filchners Bezeichnung für die Wissenschaftler – bewohnten jeder eine eigene Kabine (Abb. 6).

Die wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer waren:

Erich Barkow (1882-1923), Meteorologe.

Wilhelm Brennecke (1875-1924), Ozeanograph.

Wilhelm Filchner (1877-1957), Fahrt- und Expeditionsleiter, Geodät, Asienforscher.

Fritz Heim (1887-1980), Geologe.

Alfred Kling, Nautiker; er übernahm nach der Auflösung der Expedition im Dezember 1912 in Grytviken die „Deutschland“ als Kapitän.³⁹

Felix König (1880-1945), Alpinist.

Ludwig Kohl (1884-1969), Expeditionsarzt; er musste 1911 auf Grytviken zurückgelassen werden.

Hans Lohmann (1863-1934) Meeresbiologe; er war nur auf dem ersten Fahrtabschnitt bis Buenos Aires an Bord.

Erich Przybyllok (1880-1954), Geomagnetiker.

Heinrich Seelheim (1884-1964), Geograph; Fahrtleiter auf

dem ersten Fahrtabschnitt bis Buenos Aires.

Willi Ule, (1861-1940), Geograph; er war nur auf dem ersten Fahrtabschnitt bis Pernambuco an Bord.⁴⁰

Richard Vahsel (1868-1912), der Kapitän der „Deutschland“ (Abb. 7) war 1901-03 auf der ersten deutschen Antarktisexpe- dition mit der „Gauss“ als 2. Offizier gefahren. Vahsel verstarb während der Reise.

Wilhelm Lorenzen, der Erste Offizier, übernahm bis Grytviken das Schiffskommando.

Conrad Heyneck, war Leiter der Maschine und der schiffs- technischen Anlagen.

Wilhelm v. Goedel, (geb. 1881), fungierte als Schiffs- und Expeditionsarzt.⁴¹

Bei der Ausreise von Südgeorgien am 11. Dezember 1911 waren einschließlich des Kapitäns 26 Mann Besatzung und einschließlich der Herren Kling und Filchner sieben Wissen- schaftler an Bord.⁴² Auf die Darstellung der Transportlogistik, die wegen der geplanten Inlandeisoperationen bei der Vorbe- reitung der Reise eine bedeutende Rolle gespielt hatte, kann hier verzichtet werden, denn mit Ausnahme des Stationsbaus und der Auslage einiger küstennaher Depots, kam es zu keinen weiteren „Landoperationen“.

In Buenos Aires kamen 38 Schlittenhunde an Bord. Die 12 Pferde wurden nach Grytviken nachgeschickt und erst kurz vor der Ausreise in die Antarktis an Bord genommen.⁴³ Nach der Überwinterung 1912 ließ man heimreisend die Tiere auf Grytviken. Die per Frachtschiff nach Buenos Aires gebrachten Motorschlitten wurden nicht geladen⁴⁴ und der dadurch gewonnene Raum für die Stauung von Bunkerkohle ver- wendet. Mit größter Sorgfalt war die für drei Jahre bemessene Verproviantierung der Expedition zusammengestellt worden; sie wog 100 t.



Abb 6: Wissenschaftler und Offiziere in der Messe (die „Achterschiffler“); l.n.r.: Arzt Wilhelm Goedel, Erster Ingenieur Conrad Heyneck, Erster Offizier Wilhelm Lorenzen, Ozeanograph Wilhelm Brennecke, Geologe Fritz Heim, Meteorologe Erich Barkow (Filchner Archiv Bayr. Akad. Wiss. München).

Fig. 6: Scientists and officers in the mess room (die “Achterschiffler” the persons which live in the cabins of the rear ship); from the left to the right: medical doctor Wilhelm Goedel, chief engineer Conrad Heyneck, chief mate Wilhelm Lorenzen, oceanographer Wilhelm Brennecke, geologist Fritz Heim, meteorologist Erich Barkow (Filchner Archives, Bavarian Acad. Sci, Munich).



Abb 7: Kapitän Richard Vahsel (1868-1912) in seiner Kammer an Bord der „Deutschland“ (Filchner Archiv Bayr. Akad. Wiss. München).

Fig. 7: Captain Richard Vahsel (1868-1912) in his cabin on board “Deutschland“ (Filchner Archives, Bavarian Acad. Sci, Munich).

DER REISEVERLAUF

Bremerhaven – Buenos Aires

Tatsächlich dauerte die gesamte Reise, einschließlich einiger Aufenthalte, rund vier Monate. Es wurde ein umfangreiches, modernes marin-wissenschaftliches Programm abgearbeitet, an dem Filchner, wie eingangs erwähnt, nicht beteiligt war. Schwerpunkt des Programms war die Planktonforschung, die unter der Regie des Hensen-Schülers Hans Lohmann stand.

Offensichtlich kam es auf dem ersten Fahrtabschnitt schon zu Missshelligkeiten zwischen der Schiffsführung und wissenschaftlichen Teilnehmern, die darin gipfelten, dass der Fahrtleiter, der Geograph Heinrich Seelheim, der Expedition den Rücken kehrte, nachdem die „Deutschland“ am 7. September 1911 Buenos Aires erreicht hatte.

Buenos Aires – Grytviken, Südgeorgien

Am 4. Oktober 1911 lief die „Deutschland“ von Buenos Aires aus.⁴⁵ Die Reise sollte zum Ansteuern der Dinklage-Bank im Gebiet 45°-49°S und 27°-35°W genutzt werden, um die Existenz dieser angeblich 1854 gefundenen untermeerischen Erhebung zu bestätigen.⁴⁶ Es kam aber nicht zur Ausführung des Planes, da der zweite Arzt der Expedition, Ludwig Kohl an einer akuten Blinddarmentzündung erkrankte. Der andere Expeditionsarzt, Wilhelm v. Goedel, operierte seinen Kollegen in der Dünung des Südatlantiks auf dem Tisch der Messe. Um die Rekonvaleszenz des Operierten nicht zu gefährden, war es notwendig, Grytviken auf Südgeorgien auf kürzestem Wege anzulaufen.⁴⁷

Auf und um Südgeorgien hielten sich verschiedene Teilnehmer der Expedition 48 Tage auf. Filchner umriss das Programm. „*Es galt einen möglichst vollständigen Überblick über die ganze Insel zu erhalten und ein Kartenbild des Küstenumrisses herzustellen.*“ Ferner sollte „*der geologische Aufbau und der Zustand der Vergletscherung untersucht*“ sowie meteorologische Pilotballonaufstiege angestellt werden. In der Tat „... ein recht weit gestecktes ...“ Ziel, wie Filchner treffend bemerkt. Mit der „Deutschland“ allein wäre dieses Ziel aus verschiedenen Gründen nicht zu verwirklichen gewesen. Erst durch die Unterstützung des Leiters der Walfangstation in Grytviken, Carl A. Larsen (1860-1924), der als Kapitän der schwedischen Antarktisexpedition 1901-1903 international bekannt geworden war, konnten Filchner und seine Leute das Programm teilweise verwirklichen. Zweimal stellte Larsen der deutschen Expedition für mehrere Tage seinen Fangdampfer „Undine“ zur Verfügung (FILCHNER 1922 S. 73-76, Abb. 8). Unter anderem wurde die ehemalige deutsche Station des Ersten Internationalen Polarjahres 1882/83 in der Royal Bay besucht, notdürftig repariert und vier Wochen von König und Przybyllok genutzt. An die damaligen Forschungsarbeiten erinnern mehrere bis heute gültige Toponyme.⁴⁸ Einen kleinen Artikel über geologische Beobachtungen in Südgeorgien hat der Geologe Fritz Heim noch von Grytviken aus eingereicht (HEIM 1912). Leider wurden die Arbeiten auf Südgeorgien überschattet durch den Tod des Dritten Offiziers Walter Slosarczyk (1887-1911), der als einziger als Funker ausgebildet war.⁴⁹



Abb 8: Filchner mit Expeditionsmitgliedern auf der „Undine“ 1911; von links nach rechts: Alpinist Felix König, Zweiter Offizier Johannes Müller, Meteorologe Erich Barkow, Ozeanograph Wilhelm Brennecke, Geologe Fritz Heim, Arzt Wilhelm Goedel, Expeditionsleiter Wilhelm Filchner (Filchner Archiv Bayr. Akad. Wiss. München).

Fig. 8: Filchner together with expedition members 1911 on the vessel “Undine”. The persons are from the left to the right: Alpinist Felix König, second officer Johannes Müller, meteorologist Erich Barkow, oceanographer Wilhelm Brennecke, geologist Fritz Heim, medical doctor Wilhelm Goedel, expedition leader Wilhelm Filchner (Filchner Archives, Bavarian Acad. Sci, Munich).

Südgeorgien, Grytviken – Süd-Sandwich-Inseln – Südgeorgien, Husvik, Grytviken

Ein weiterer Höhepunkt der Anreise war der Besuch der 300 sm südöstlich von Südgeorgien gelegenen unwirtlichen Süd-Sandwich-Inseln (Traverse-Inseln). Von diesen Inseln war wenig bekannt. Jede Art von Daten zur Geographie/Geodäsie/Geologie und Ozeanographie durfte auf großes Interesse der Fachwelt stoßen. In der Denkschrift (ANONYMUS 1911 S. 3) wird davon gesprochen, dass die Inselgruppe en route zum Weddellmeer angelaufen werden soll. Von dieser Planung wurde abgerückt. Stattdessen wurde eine separate Reise Südgeorgien – Sandwich Inseln – Südgeorgien eingeplant. Woher der Antrieb zu dieser „Exkursion“ kam, war nicht ganz zu klären. Filchner, der zu dieser Reise bemerkt: „*Ich selbst war während der ganzen Reise so schwer seekrank, wie noch nie vorher und konnte meine Kabine immer nur auf kurze Zeit verlassen*“ (FILCHNER 1922 S. 112), hatte zunächst berechtigte Bedenken gegen diese Fahrt, die er aber hinten anstellte. Man darf davon ausgehen, dass die Berichte, die Larsen gab, der die Inselgruppe mit der „Undine“ aufgesucht hatte, ihre Wirkung nicht verfehlten, und dass es speziell Brennecke und Heim waren, die großes Interesse an einer ausführlicheren Beprobung dieser Gegend hatten. Dadurch, dass die Reise gesondert ausgeführt wurde, musste man bei den Forschungsarbeiten keine Rücksicht auf den Kohleverbrauch nehmen, da dieser vor Reisebeginn in Südgeorgien wieder ergänzt werden konnte. Auch vermied man so die Probleme, die sich bei einer stürmischen Reise durch die Mitnahme der Tiere ergeben hätten, denn diese konnte man bis zur endgültigen Ausreise auf Südgeorgien lassen.

Am 1. November verließ die „Deutschland“ Grytviken. Mit Backstagsbrise wurde unter Segeln zunächst schnelle Fahrt gemacht. Aber der vorteilhafte Westwind entwickelte sich zum Sturm so dass zeitweilig beige dreht wurde. Auf Candelmas

(Abb. 9) wurde ein tätiger Vulkan beobachtet. An eine Landung war wegen der schlechten Wetterbedingungen aber nicht zu denken. Auch auf Ssawadowsky musste die Landeoperation nach 70 gefährlichen Minuten im Boot abgebrochen werden. Man registrierte auch hier vulkanische Tätigkeit und einen durchdringenden Schwefelgeruch. Zwar gelangen einige Lotungen, aber am 11. November wurde gegen den Wunsch Brenneckes, der von hier noch die schon erwähnte Dinklage-Bank (in 300-350 sm Entfernung) ansteuern wollte, die Rückreise nach Südgeorgien beschlossen. Dafür hatte insbesondere der Arzt v. Goeldel plädiert, da sein Kollege Kohl, der darauf bestanden hatte, an der Süd-Sandwich-Reise teilzunehmen, offenbar einen Rückfall erlitten hatte und dringend der Ruhe bedurfte (FILCHNER 1922 S. 122).⁵⁰ So verhinderte Kohls Gesundheitszustand auch den zweiten Versuch, sich der unbekanntem Untiefe zu nähern. Angesteuert wurde zunächst die Station Husvik wo 130 t Kohle gebunkert wurden und eine Vermessung der Stromnessbucht erfolgte. Nach vielen Ereignissen, einschließlich der Übernahme der Pferde und der Schlittenhunde, begann endlich am 11. Dezember 1911 die Ausreise in die Antarktis.

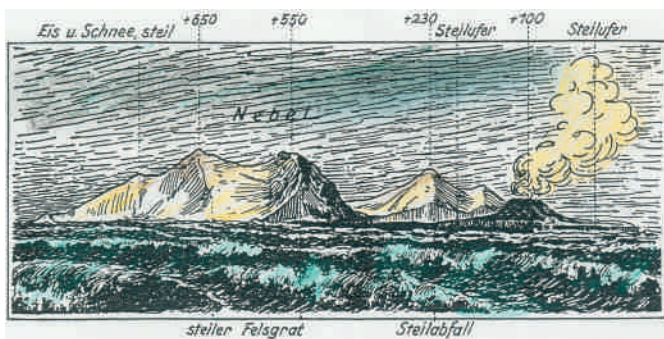


Abb 9: Skizze der Candlemas-Insel, Süd-Sandwich-Inseln, Blick nach Südwesten (FILCHNER 1922 S. 118, v. Verf. koloriert).

Fig. 9: Sketch of Candlemas Island, South Sandwich Islands, view to the southwest (FILCHNER 1922 S. 118, coloured by author).

Von Südgeorgien, Grytviken bis zur Schelfeiskante im Inneren des Weddellmeeres, Vahsel Bucht

Der ursprüngliche Plan sah vor, zunächst einen Südkurs zu steuern, um sich dann vor dem Erreichen des Treibeisrandes nach Osten zu wenden, wo generell mit weniger Eis zu rechnen war, wie Filchner durch Larsen erfahren hatte. Wir wissen heute, dass Larsen mit dieser Ansicht Recht hatte. Um von Südamerika in das Weddellmeer zu gelangen, fährt auch heute der Forschungsisbrecher „Polarstern“ grundsätzlich einen östlichen Bogen. Eine derartige Kurswahl hätte sich im Übrigen mit dem allgemeinen Plan der Expedition entsprechend der Denkschrift von 1911 gedeckt. Kapitän Vahsel setzte sich aber über die Empfehlungen hinweg und ließ auch nach dem Erreichen des Meereisrandes Süd steuern – Filchner suggeriert sein Einverständnis, wenn er darüber berichtet (FILCHNER 1922 S. 139).

Die Expedition war zunächst vom Glück begünstigt. Auch wenn man mehrfach für einige Tage feststeckte, konnte die „Deutschland“ letztlich einen Weg durch das Treibeis finden und in dem unbekanntem Meeresgebiet fast bis 78°S vordringen wo man am 31. Januar 1912 auf festes Meereis stieß, das einer Schelfeisbarriere – dem Filchner-Schelfeis –

vorgelagert war (eine geraffte Darstellung der Eisfahrt vgl. PRZYBYLLOK 1913). Filchner kommentiert die Situation wie folgt (FILCHNER 1922 S. 187): „Bei 77°44' S und 34°38' W endet, nach Zurücklegung von 1729 sm von Grytviken ab, der Südkurs der Deutschland in einer Bucht, die im Osten vom Inlandeisabbruch, im Süden und Westen von einer 8-20 m hohen Eisfläche gebildet wird. ...“⁵¹

Stationsbau in der Vahsel Bucht – Drift im Weddellmeer – Südgeorgien, Grytviken – Auflösung der Expedition

Tatsächlich war mit dem Erreichen der Schelfeisbarriere nicht nur eine wesentliche Voraussetzung zum Erreichen des vorrangigen Expeditionszieles erfüllt – die Beantwortung der Frage, ob das Gebiet der Antarktischen Halbinsel mit dem grob bekannten Hauptkontinent in Verbindung stand, oder durch einen Meeresarm getrennt war – sondern damit war auch schon ein Teil dieser Frage selbst beantwortet! In dem Sektor 30°- 42° W zeigte sich nicht die Spur einer Durchfahrt. Vielmehr wurden mehrere Nunataks – aus dem Eis herausragende Felsen – gesichtet (Abb. 10). Das neu entdeckte Gebiet wurde Prinzregent-Luitpold-Land getauft, der Einschnitt an der südlichsten Stelle Vahsel-Bucht benannt (Abb. 11), die weitere Umgebung wurde als Herzog-Ernst-Bucht bezeichnet.

Filchner war zu einer Überwinterung auf dem neu entdeckten Schelfeis entschlossen und wäre dann als Leiter der „Landgruppe“ – während sich die „Deutschland“ nach Südgeorgien zurück zog – endlich in seinem Element gewesen. Zur Erkundung der Küste, einschließlich der Ausschau nach einer geeigneten Stelle zum Aufbau des Überwinterungshauses, dampfte man nach Westen, traf hier sich verdichtendes Meer eis an und beschloss umzukehren, um im Bereich der Vahsel-Bucht endlich mit dem Stationsbau zu beginnen.⁵² Die Euphorie des Erfolges beflügelte die Leute, konnte aber die nun einsetzende „Pechsträhne“ nicht verhindern. Das großzügige Überwinterungshaus war fast fertig gestellt (Abb. 12), als bei einer Springflut der Teil des Eises abbrach, auf dem das Gebäude errichtet worden war. Zwar gelang eine Bergung des angelandeten Materials aber weitere Landungsversuche, um doch noch die Voraussetzungen für eine Überwinterung auf dem Schelfeis zu arrangieren, blieben erfolglos.

Zu dem Vorfall, einschließlich der Bergung des Materials, liegen verschiedenen Schilderungen vor (BARKOW 1911/14, MÜLLER 1914, BRENNECKE 1921, FILCHNER 1922), die hier nicht weiter erörtert werden sollen. Von Interesse ist vielmehr die Frage, ob die Auswahl des Stationsplatzes angemessen gewesen war. Filchner hatten gewisse Zweifel geplagt, mit denen er sich an Vahsel wandte. Dieser hielt den Platz für gut. Auf Filchners Frage, ob es nicht besser sei, auch den eiserfahrenen Bjørvik um eine Stellungnahme zu bitten, antwortete Vahsel, das habe er bereits getan und der sei seiner Ansicht. Es hat sich später herausgestellt, dass das eine Unwahrheit war. Vielmehr war Bjørvik der Meinung gewesen, der Platz sei ungeeignet (BJØRVIK 1913 S. 10).

Dem ersten Desaster folgte das zweite auf dem Fuße. Es wäre Material genug vorhanden gewesen, einen weiteren Stationsbau zu beginnen. Aber nun konnte plötzlich keine geeignete Stelle für die Errichtung der Station gefunden werden.⁵³ Das Gerangel um einen erneuten Landeplatz, um die Auslegung von Depots, um weitere Untersuchungen der Wissen-

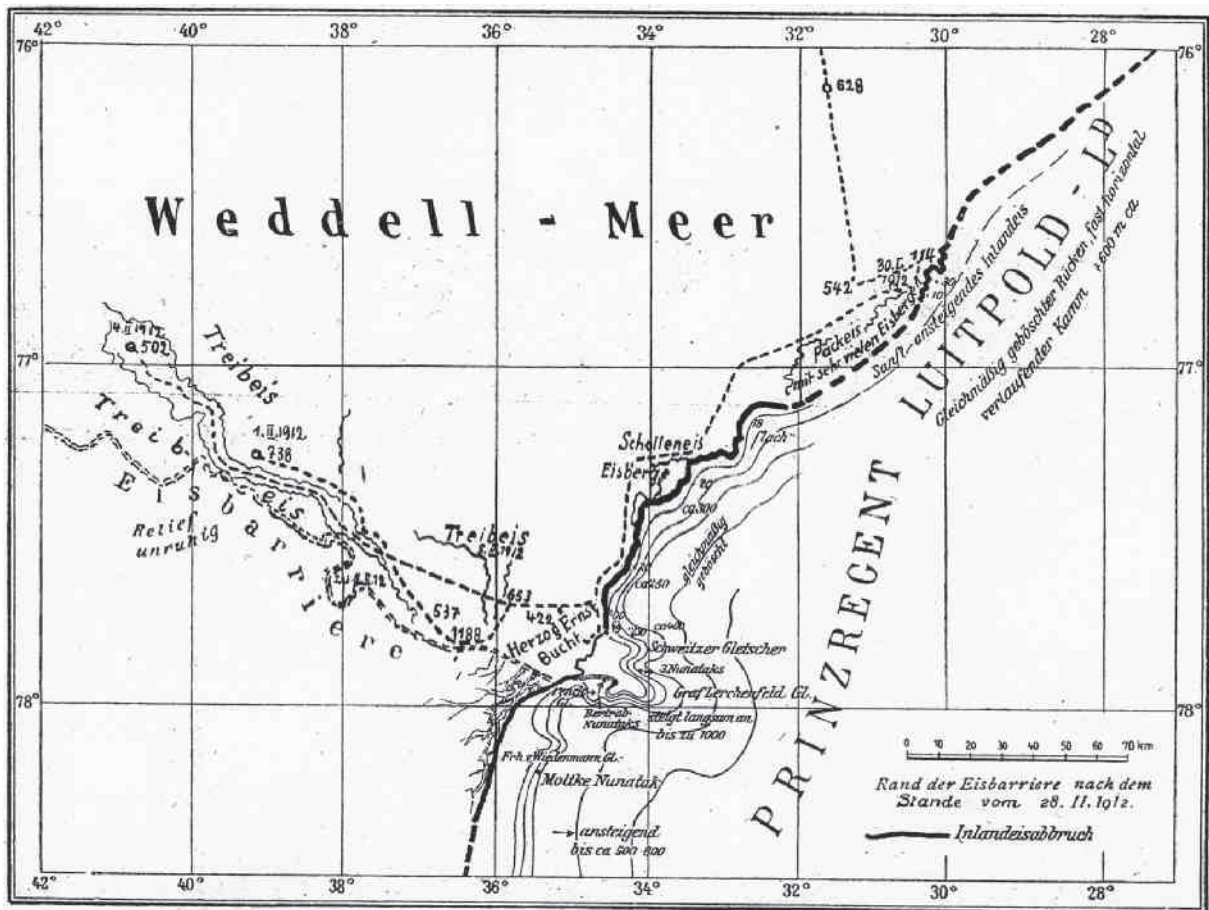


Abb 10: Die von der 2. DAE entdeckten Gebiete – das Prinzregent Luitpold Land und die südliche Begrenzung des „Weddell-Meer“(es) mit der (Schelf-)“Eisbarriere bis 42 °W (FILCHNER 1922 S. 198).

Fig. 10: The areas discovered by the 2. DAE (Second German Antarctic Expedition) – the “Prinzregent Luitpold Land” and the southern boundary of the “Weddell-Meer (Sea)” with the “Eisbarriere” (ice barrier) to 42 °W (FILCHNER 1922 S. 198).

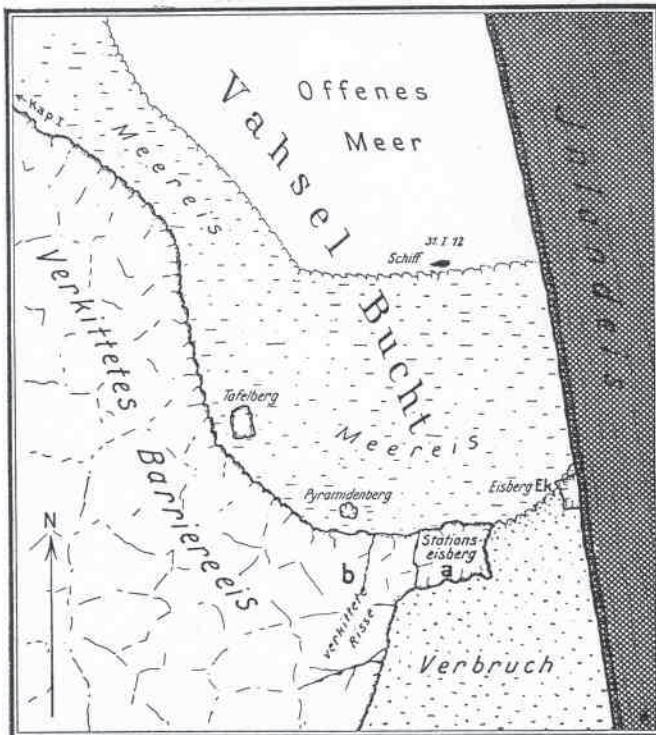


Abb 11: Die „Vahsel Bucht“ mit dem „Stationseisberg“, bei etwa 77°44' S, 34°38' W, auf dem das Stationshaus errichtet wurde (FILCHNER 1922 S. 217).

Fig. 11: “Vahselbucht” and “Stationseisberg” – the ice field on which the station building was erected at about 77°44' S, 34°38' W (Filchner 1922 S. 217).

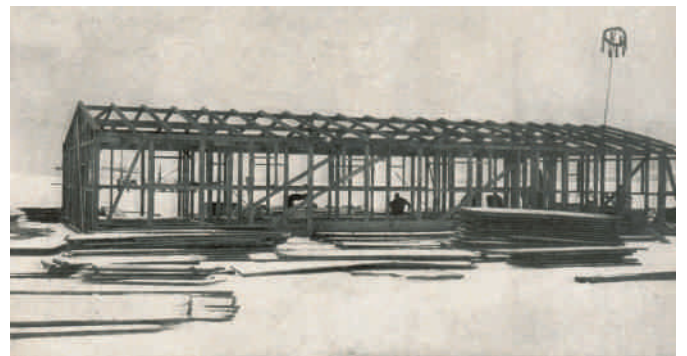


Abb 12: Das Stationshaus nach dem Richtfest, 13. Februar 1912 (FILCHNER 1922 S. 241).

Fig. 12: The station building after the roofing ceremony February 13, 1912 (FILCHNER 1922 S. 241).

schaftler etc. ist in den verschiedenen Erzählungen nahezu undurchschaubar. Konsens zwischen Vahsel und Filchner war offenbar, die „Deutschland“ in der Nähe der Schelfeiskante einfrieren zu lassen. Diese Annahme ist insofern schlüssig, da Vahsel bereits mit der „Gauss“ den Südwinter 1902 im Meereis zugebracht hatte. Plötzlich waren ihm aber die Stellen, die er zunächst als Überwinterungsort angesehen hatte, nicht mehr sicher genug. War ihm klar geworden, dass die „Deutschland“ hinsichtlich der Eigenschaft starkem Eisdruck zu widerstehen, nicht mit der „Gauss“ vergleichbar war? Jedenfalls war er nun der Meinung, dass man in der Nähe der Schelfeiskante keine Stelle finden würde, um das Schiff vor Eispresungen geschützt, überwintern zu lassen und drang auf eine sofortige Rückreise nach Südgeorgien.

Am 4. März 1912 begann die Flucht aus dem Inneren des Weddellmeeres. Es wurde Nord gesteuert, statt sich unter der Schelfeiskante zu halten, wo man länger offenes Wasser erwarten durfte. Immerhin wurde noch die Position 73°34' S, 33°12' W erreicht, bevor das Schiff am 15. März endgültig fest kam.⁵⁴

Selbstverständlich war den Teilnehmern der 2. DAE klar, dass eine Driftreise im Weddellmeer mit einem hohen Risiko verbunden war, dazu brauchte man sich nicht an die zahllosen Schiffskatastrophen im Ostgrönlandstrom zu erinnern, vielmehr stand allen das Schicksal der „Antarctic“, dem Schiff der schwedischen Expedition von 1901-04 vor Augen, das 1903 am Nordwestrand des Weddellmeeres ein Opfer der Eispresungen geworden war. Aber man hatte Glück im Unglück. Die „Deutschland“ fror in einer massiven Scholle ein (Abb. 13). Im Laufe des Aprils begann man damit, Stallungen und Vorrathshäuser auf dem Eis anzulegen. Nach und nach wurden auch Observatorien in der Nähe des Schiffes aufgebaut. Freiballon-, Fesselballon- und Drachen-Aufstiege und auch Tiefseelotungen konnten nun routinemäßig durchgeführt werden. Als im Juli 1912 erhebliche Eispresungen einsetzten, blieb das Schiff davon weitgehend verschont, auch wenn die Pressungen einige Schäden an den Bauten und Einrichtungen des „wissenschaftlichen Dorfes“ verursachten, das inzwischen um den Liegeplatz der „Deutschland“ entstanden war (BARKOW 1912). Allerdings hatte das Schiff auf Grund der Eiskräfte permanente Schlagseite nach Steuerbord, die im Verlauf der Eisdrift bis 8° zunahm. Dennoch, Wissenschaftler und Besatzung konnten sich darüber freuen, dass die Scholle samt Schiff und den zahlreichen Bauten (Abb. 14) mit zunehmender Geschwindigkeit, manche Tage über 10 sm, nach Westen und Norden getrieben wurde. Damit dokumentierte sich die dort herrschende Meeresströmung, der Weddell-

Wirbel, und es war offensichtlich, dass man in absehbarer Zeit den offenen Südatlantik erreichen würde. Während der fast neun-monatigen Driftfahrt sind wichtige Daten gesammelt worden, die speziell für ozeanographische und meteorologische Fragestellungen von Bedeutung waren und zu entsprechenden Publikationen führten.

Beachtlich ist auch, dass Filchner am 23. Juni 1912, mitten in der Polarnacht, bei Außentemperaturen um -30 °C, mit seinen Begleitern König und Kling mit zwei Hundeschlitten⁵⁶

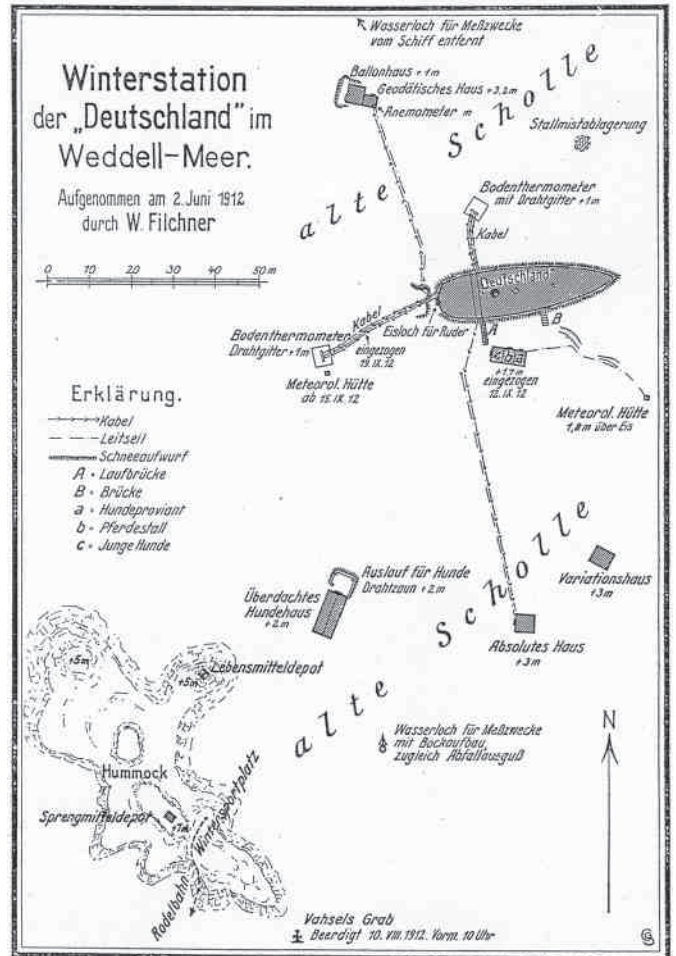


Abb 14: Plan der Driftstation „Deutschland“ samt Hilfsgebäuden und sonstigen Einrichtungen (FILCHNER 1922 S. 306).

Fig. 14: Layout of the drift station “Deutschland” including the auxiliary buildings and other facilities (FILCHNER 1922 S. 306). A drawing with a complete nomenclature in English is given in FILCHNER 1994 page 147.

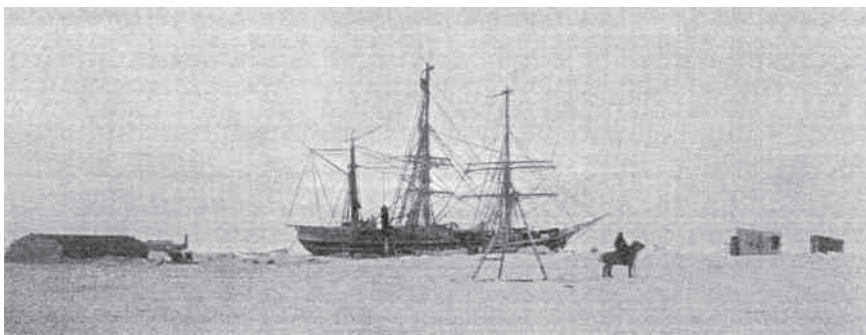


Abb 13: Ansicht der Driftstation mit der „Deutschland“, 9. Mai 1912 (FILCHNER 1922 S. 321).

Fig. 13: View on the drift-station including “Deutschland”, May 9, 1912; explanations read from left to right: Hundehaus = house for the dogs; Meßloch im Eise = hole in the ice to lower oceanographic instrumentation; Absolutes Haus = house for the measurement of the absolute geomagnetic values; Stationshaus = station building (FILCHNER 1922 S. 321).

Hundehaus, Meßloch im Eise, Absolutes Haus, Stationshaus

aufbruch, um das „Morell Land“ aufzusuchen, eine Inselgruppe, die sich 36 sm westlich von ihrer Driftposition befinden sollte. Die mehrtägige Suche war vergeblich. Die Existenz dieses „Landes“ konnte falsifiziert werden. Die Expeditionsgruppe hatte sich trotz der unbekannt Driftverhältnisse 44 sm vom Schiff entfernt und nur der Navigation Klings war es zu verdanken, dass man die risikoreiche Reise mit dem Wiederfinden des Schiffes glücklich beenden konnte. Barkow kommentierte diese Leistung abfällig. Sinngemäß: Man hätte sich die Aktion sparen können, wenn man die historischen Quellen sorgfältiger studiert hätte (BARKOW 1911/14).

Der Alpinist König führte Ende August 1912 eine weitere acht tägige Schlittenreise, zusammen mit dem Matrosen Paul Wolff, zu den im Sichtbereich des Schiffes befindlichen Eisbergen durch (FILCHNER 1922 S. 363, 371). Die Fahrt diente u.a. der Erprobung von Proviant und Ausrüstung. König hat später die „Deutschland“ gekauft. Sein Plan einer österreichischen antarktischen Expedition scheiterte aber wegen des Kriegsausbruches 1914 (RACK 2010, S. 21, 24, 65).

Kapitän Vahsel, der schon länger bettlägerig war, verstarb am 8. August 1912. „Es wird ein Ausschnitt in das Eisfeld eingefügt, in den der Tote gebettet werden soll ...“, so umschreibt Filcher das Seemannsgrab (FILCHNER 1922 S. 357, 358, KIRSCHMER 1985 S. 105-107).

Am 26. November 1912 wurden die Kessel geheizt. Das Packeis war schon Wochen zuvor in Treibeis übergegangen. Allerdings musste die „Stationsscholle“ gesprengt werden (Abb. 15), damit die „Deutschland“ endlich frei kam. Es vergingen weitere zehn Tage bevor sich das Eis hinreichend öffnete und der Kurs nach Grytviken auf Südgeorgien abgesetzt werden konnte, das am 19. Dezember 1912 erreicht wurde, wobei die Reise zu ausgedehnten ozeanographischen und bathymetrischen Arbeiten genutzt wurde.

In Grytviken wurde die Expedition unter meutereiähnlichen Begleiterscheinungen aufgelöst (BJØRVIK 1913 S. 57, RACK 2010 S. 77). Im Verlaufe der Driftfahrt war es zwischen den Teilnehmern zu derart gravierenden Spannungen gekommen dass an die ursprünglich geplante Fortsetzung der Expedition nicht zu denken war.⁵⁷

BEMERKUNGEN ZUM ABLAUF DER EXPEDITION

Es lassen sich keine technischen Mängel erkennen, die den Verlauf der Reise oder die wissenschaftlichen Arbeiten behindert hätten. Sowohl die Schiffsbetriebstechnik als auch die wissenschaftlichen Geräte und Einrichtungen waren den Anforderungen des Einsatzgebietes gewachsen und offensichtlich trifft diese Feststellung sinngemäß auch auf das Personal zu. Abgesehen von dem ungeklärten Todesfall des 3. Offiziers und davon, dass Filchner aus der Rah fiel (!?), wobei er sich ziemlich stark verletzte (KIRSCHMER 1985 S. 48, FILCHNER 1951 S. 145), scheint es nicht zu schweren Unfällen gekommen zu sein.

Das Hauptproblem der Expedition waren die Unstimmigkeiten unter den Wissenschaftlern und Offizieren, die zur Folge hatten dass sich letztlich zwei Gruppen feindselig gegenüber standen. Auf der einen Seite die Anhänger des Kapitäns, auf

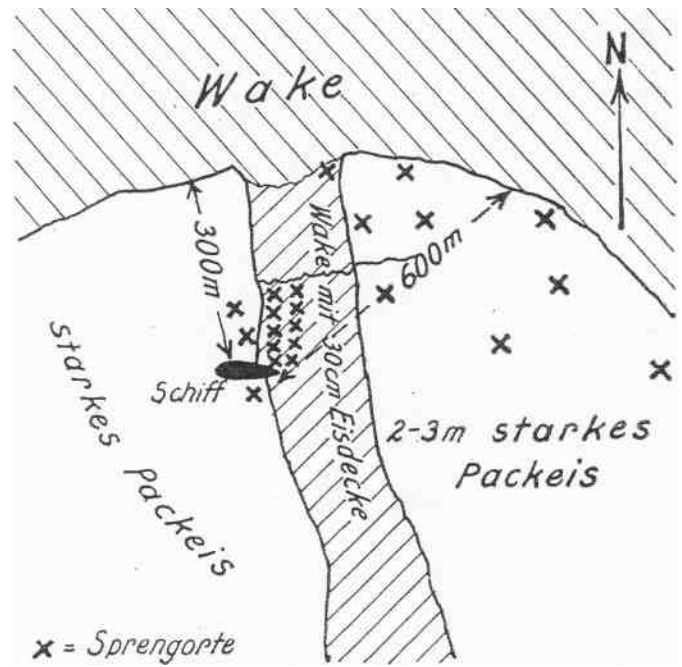


Abb 15: Lage der „Deutschland“ vor dem Freikommen aus dem Eis mit Angabe der Sprengorte (x) zur Unterstützung des Eisaufbruchs, 11. November 1912 (FILCHNER 1922 S. 389).

Fig. 15: The situation of the “Deutschland” before getting free from the ice, November 11, 1912. The crosses symbolize the blasting sites (FILCHNER 1922 S. 389). For a detailed English version of the drawing see FILCHNER 1994 page 190).

der anderen Seite die Gefolgsleute Filchners; zu diesen gehörten Przybyllok, König, Kling und, wie Filchner schreibt, die Besatzung.⁵⁸ Die Missstände, die auf der Expedition herrschten und schon unmittelbar nach dem Verlassen von Buenos Aires zu erkennen waren, lagen deutlich außerhalb der Norm. Im Oktober 1912 geht das so weit dass Filchner von der Angst vor Mordanschlägen auf seine Person geplagt wird.⁵⁹

Inwieweit die sozialen Probleme einen direkten Einfluss auf den Erfolg der Expedition gehabt haben, lässt sich nicht ohne weiteres zeigen. Einen Punkt muss man allerdings kritisch herausstreichen. Kapitän Vahsel hat, speziell in der schwierigen Phase Mitte Februar 1911 im Inneren des Weddellmeeres, als die Expedition glücklich das erste Etappenziel erreicht hatte, eine dubiose Rolle gespielt. Lässt man einmal die Probleme beiseite, die durch die merkwürdigen Umstände bei der Wahl des falschen Ortes für das Stationshaus deutlich wurden, so befremdet es, dass Vahsel, der zunächst davon ausging, man würde in jedem Falle mit dem Schiff in der Nähe der Eisbarriere überwintern, plötzlich davon nichts mehr wissen wollte, um dann hektisch das südliche Weddellmeer, die Herzog-Ernst-Bucht zu verlassen.⁶⁰ Dass nach dem Tod Vahsels und nach dem unerträglichen Gezänk an Bord, Filchner sich entschloss in Grytviken die Expedition aufzulösen, war eine unvermeidliche Konsequenz. Ob es allerdings unter anderen Umständen zu einer Fortsetzung der Expedition gekommen wäre, muss dahingestellt bleiben.

In der heutigen Wahrnehmung ist die Rolle, die Kapitän Vahsel für die Expedition gespielt hat mit den oben geschilderten Ereignissen, falsche Entscheidung bezüglich des Bauortes der Station und der Flucht aus der Herzog-Ernst-

Bucht, verbunden. Aus einem Bericht des Kapitän Kling (KIRSCHMER S. 60, 61) und auch aus den Aufzeichnungen Bjørviks (z.B. BJØRVIK 1913 S 16) lässt sich sogar schließen, dass Vahsel mit einem gewissen Vorsatz die Landung hintertrieben hat. Filchner hat sich im Nachhinein tendenziell als Opfer der Fehlentscheidungen der Schiffsführung dargestellt. Unstrittig ist: Das Vertrauensverhältnis zwischen ihm und dem Kapitän war schwankend, aber tendenziell belastet (FILCHNER 1922 und KIRSCHMER 1985 an verschiedenen Stellen). Eine Aussage, die sich sinngemäß auch auf die Kommunikation zwischen den beiden anwenden lässt. Man beachte aber, dass die besonders wichtigen Begebenheiten nach dem Erreichen des Inlandeises und dem Aufbau der Station, in einer gemeinsamen Erklärung, dem „Expeditionsakt“, festgehalten wurden (KIRSCHMER 1985 S. 71-88). Dieses Dokument, unterzeichnet am 21. April 1912, beschreibt die Entscheidungsfindung deutlich detaillierter als der Text in FILCHNER (1922).

Die Kurswahl, die ausreisend zum Erfolg führte, heimreisend zur Überwinterung, wird dem Kapitän nicht angekreidet. Ein sehr ausgewogenes Urteil zu Vahsels Leistungen gibt Kirschmer in einem einleitenden Artikel (KIRSCHMER 1985 S. 10). Es ist auch sehr wahrscheinlich, dass Vahsels sprunghafte Entscheidungen mit den Symptomen eines Leidens im Zusammenhang standen die im Übrigen schon auf der Ausreise erkennbar gewesen sein sollen. Es darf als gesichert gelten, dass dieser, in der Absicht seinen schlechten körperlichen Zustand zu verbergen, sich betrügerischer Tricks bediente, um die medizinische Musterung zu überstehen.⁶¹ Dass Vahsel zweifelhaft nautische Entscheidungen getroffen hat, lässt sich relativieren. Unverzeihlich ist hingegen, dass er zur Vergiftung der Bordatmosphäre beigetragen hat. Wie Przybyllok glaubhaft schildert, war ihm schon nach seiner Rückkehr von der Deutschen IPY-Station auf Südgeorgien (etwa 21. November 1911) aufgefallen, dass Vahsel diskreditierende Bemerkungen über Filchner verbreitete. Er hatte die Sache aber auf sich beruhen lassen (KIRSCHMER 1985 S. 56).

Folgt man den verschiedenen Schriften Filchners, so war neben dem Arzt v. Goedel, der Ozeanograph Brennecke, der wissenschaftlicher Mitarbeiter der Deutschen Seewarte in Hamburg war, sein krassester Widersacher unter den Wissenschaftlern. Ohne ein Urteil zu Brennecke abzugeben, könnte man dafür Gründe konstruieren. Brennecke war schon in den Jahren 1905-07 als Ozeanograph auf dem Forschungsschiff „Planet“ gefahren. Er war also sowohl mit den wissenschaftlich-technischen Abläufen als auch mit den üblichen Hierarchien an Bord vertraut. Offenbar war er auf der viermonatigen Atlantikreise, anders als sein Kollege Seelheim, mit der Schiffsführung gut ausgekommen.

Brennecke und Filchner hatten sich 1909 auf einer wissenschaftlichen Tagung kennengelernt. Brennecke musste bewusst sein, dass die Antarktisreise ausschließlich Filchners Initiative zu verdanken war. Schon das hätte genügen müssen, um Filchner als Organisator und Expeditionsleiter Respekt zu zollen und ihn zu unterstützen, gerade weil dieser die speziellen Anforderungen und Gepflogenheiten einer ozeanographischen Forschungsreise nicht kannte. Aber offensichtlich hat Brennecke diese Einsicht gefehlt.

Im Laufe der Expedition hat sich Barkow, wie man seinem Tagebuch entnehmen kann, immer mehr von Filchner entfernt.

Er gehörte aber ursprünglich nicht zu denen, die Filchner ablehnten. Tatsächlich scheint es diesen Personenkreis schon gegeben zu haben, bevor Filchner überhaupt seine Funktion als Expeditionsleiter in Buenos Aires aufgenommen hatte. Am 7. Oktober 1911, einen Tag nach dem Verlassen von Montevideo, notiert Barkow: „An Filchners Kammer wurde am Abend eine große Viecherei angestellt“ und wie er die Sache dann schildert, klingt es nicht so, als hätte er diese „Viecherei“ für einen entschuldbaren Scherz gehalten. Diese Begebenheit findet auch Erwähnung in KIRSCHMER (1985).

Wie es zur Entfremdung zwischen Barkow und Filchner kam, lässt sich aus Barkows Tagebuch erahnen. Barkow ärgerte sich z.B. erheblich darüber, dass es Filchner nicht gelang, seiner Forderung gegenüber dem 1. Offizier Lorenzen Nachdruck zu verleihen, die Ballonwinde, die offenbar irgendwo im Laderaum eingestaut war, endlich an Deck zu schaffen. Dass Filchner allerdings ein merkwürdiges Verständnis von der Organisation und den Abläufen des Schiffsdienstes hatte, lässt sich aus Eintragungen in das sogenannte „Ordre Buch“ entnehmen. Im Folgenden einige Kostproben (KIRSCHMER 1985 S. 11-14):

26.4.1912: „Ich ersuche gütigst zu veranlassen, daß die Türklinke zum Lufterlektrischen Haus mit Tuch umwickelt wird und daß vom Schiff nach dem geodätischen Haus ein Leitseil ... gezogen wird.“

27.4.1912: „Ich ersuche gütigst zu veranlassen, daß die ... unfriedeten Plätze auf (dem) Meereis stets von Flugschnee freigehalten werden. Olsen und Hoffmann sind nach Vorschlag Herrn Dr. Barkows für diese Arbeit bes. geeignet.“

Der Eintrag unter dem 9. August 1912 lautet wie folgt: „Mit dem Ableben Herrn Kapitän Vahsels am 8.8.12 habe ich die Schiffsleitung Herrn Lorenzen übertragen, den ich hiermit höflichst ersuche, durch Signierung jeweils zu bedeuten, dass meine Ordres von ihm zur Kenntnis genommen sind.“

13. August 1912: „Ich bringe in Erinnerung, dass ich bis 1. Oktober um Zureichung einer Liste ersucht habe, die das gesamte Schiffsinventar enthält und zwar mit Angabe des Verbrauchs der einzelnen Gegenstände. Proviant ist nicht mit eingeschlossen, dagegen das gesamte Maschinenmaterial.

Ich bestimme daß Besenbrook Ihre Kammer nach freierwerden bezieht und daß ferner alle Anforderungen der Herren des wissenschaftlichen Stabes sowohl an das Maschinenpersonal, als auch an die Schiffsbesatzung nur durch mich zu erfolgen haben. Ich weise Sie deshalb an, keine Aufträge als von dieser Seite anzunehmen. Den direkten Verkehr zwischen Ihnen als Kapitänsstellvertreter und den Herren gestatte ich nur in zwei Fällen, bei Mannschaftszustellung a.) zum Loten, hydrographieren b.) zur Drachenwinde.

Ich bringe gleichzeitig Inhalt durch Anschlag in Messe in Erinnerung.“⁶²

Abgesehen davon, dass Filchner auch als Leiter der Expedition nicht berechtigt war, in die gesetzlich geregelte Kommandofolge nach dem Tod des Kapitäns einzugreifen,⁶³ soll hier nur ein Blick auf die Ordre vom 13. August geworfen werden. Wieso Filchner sich für berechtigt hielt, in die Verteilung der Mannschaftskammern einzugreifen, bleibt ein Geheimnis, und dass er an Bord eines relativ sicher eingefrorenen Schiffes befahl, dass alle Anforderungen seitens der wissenschaftlichen Fahrtteilnehmer ausschließlich über ihn zu erfolgen haben, um dann in schriftlicher Form an die Schiffsführung weiter gegeben zu werden, war, um es vorsichtig zu formulieren,

nicht nur hochgradig unproduktiv, sondern angesichts der Notwendigkeit einer guten Zusammenarbeit innerhalb einer kleinen Gruppe von 33 Personen, die sich seit einem Jahr kannten, gegen jedes soziale Empfinden. Selbstverständlich muss der Fahrtleiter die wissenschaftlichen Programme koordinieren und die damit verbundenen Anforderungen an die Schiffsbesatzung gegenüber der Schiffsführung formulieren. Andererseits sollte aber klar gestellt sein, dass sich die Schiffsbesatzung, grundsätzlich dem Zweck der Reise verpflichtet, als Unterstützer der Wissenschaft verstehen muss.

Ein weiterer Vorfall, der Filchners Ansehen geschadet hat, war seine Duellforderung an den Zweiten Offizier Müller (20. November 1912), die hier aber nicht kommentiert werden soll (BARKOW 1911/14 S. 39).⁶⁴ Wenn man andererseits weiß, dass Filchner auch als kooperativer, verbindlicher Mensch geschildert wurde, lassen sich die oben angedeuteten Entwicklungen schwer einordnen. Filchner befand sich zweifellos in einer Ausnahmesituation, an deren Entwicklung er nicht die alleinige Schuld trug. In diesem Zusammenhang ist eine neue Erkenntnis von Bedeutung, die Ursula Rack herausgearbeitet hat und sich aus Briefen ergibt, die Erich v. Drygalski 1910 an seinen Kollegen Herman Wagner (1840-1929) schrieb (RACK 2010 S. 67-70). Aus diesen Briefen geht eindeutig hervor, dass Drygalskis Einstellung gegenüber Filchner von Misstrauen und Vorurteilen geprägt war, hingegen er Vahsel und Brennecke als Garanten für das Gelingen der Expedition schlechthin ansah.

Im Folgenden Proben aus Drygalskis Briefen:

(25. Dezember 1910): „... Die Sache selbst hat ja durch das Engagement von Vahsel, unserm ehemaligen tüchtigen II Offizier, zum Kapitän einen Fortschritt gemacht“ (die etwas unklare Formulierung entspricht dem Original). „Derselbe nimmt sich der Sache mit Verständnis und Energie an. Filchner selbst ist unverändert und wird sich auch nicht ändern. Dadurch bleibt eine große Unsicherheit bestehen, die auch schwere Konsequenzen haben kann. Von Vahsel und auch von einigen Mitgliedern werde ich jetzt viel gefragt und helfe jedem Einzelnen nach Kräften, um zu machen, was zu machen ist. - Filchner selbst erzählte mir in München nicht gerade viel und mit anderem hielt er auch sichtlich hinter dem Berg. Mein Vertrauen in ihn ist also nicht gewachsen und wie die Sache ohne einen eigentlichen Leiter gehen soll, bleibt mir eine offene Frage.“

Oder Brief vom 16. Juni 1911: „... Ich habe jedem Mitglied der Filchner Expedition geraten und geholfen, wo ich nur konnte, und das war nicht wenig. Mit Filchner und Seelheim, die uns übertrumpfen wollen, habe ich nichts gemein.“

Es finden sich noch andere Passagen in den Briefen, in denen auch aus Mitteilungen Vahsels zitiert wird. Hier sei nur noch eine Stelle kolportiert: „... Große Schlittenreisen wird man nicht machen, wissenschaftlich kann viel geschehen, wenn Vahsel die Oberhand behält.“

Neuesten Nachrichten zufolge sehe ich bereits eine eigenartige Gruppierung an Bord, die wohl bleiben wird. - Dass Filchner nicht mitging, ist ein schwerer Fehler für ihn. Dadurch gleitet ihm die Sache aus der Hand.“

Was sollte diese Bemerkung? Was wollte er mit der Erwähnung einer eigenartigen Gruppierung zum Ausdruck bringen? Warum sollte es nicht hinreichend sein, wenn der Leiter einer Antarktisexpedition in Südamerika an Bord ging? Man darf

unterstellen, dass Filchner seine Rolle und seine Möglichkeiten als Leiter einer marinen Expedition nicht klar war. Weder kannte er die Schifffahrt im Allgemeinen geschweige denn die Probleme der Forschungsschifffahrt. Und offensichtlich war sein Verständnis für die marinen Forschungsdisziplinen nicht sehr ausgeprägt. Das war aber kein Grund, ihn als unwissenschaftlich zu disqualifizieren – eine Meinung, die Brennecke durchblicken ließ. Seine von Unsicherheit geprägten, gelegentlich merkwürdigen Handlungen, lassen sich im Wesentlichen aus der Tatsache ableiten dass er auf die Überwinterung und auf das Reisen im Inneren der Antarktis fixiert war. Das Leben an Bord war für ihn lediglich ein nicht zu vermeidendes Übel, das er gerne schnell hinter sich gebracht hätte. Unter Druck geriet er erst in der Phase, als es zum Abbruch der Überwinterungsvorbereitungen kam. Jetzt war er auch als Fahrtleiter gefragt. Er konnte sich aber gegen die Schiffsführung ganz offensichtlich nie durchsetzen.⁶⁵

Interessant ist ein Vergleich mit v. Drygalski. Dieser hatte, als er 1901 die Leitung der ersten deutschen Antarktisexpedition übernahm (offizieller Name: „Deutsche Südpolar-Expedition“), weder den Ruf eines zähen Landreisenden zu verteidigen, noch galt er als Experte für marine Forschung. Qualifiziert war er durch seine Expeditionen nach Westgrönland 1891 und 1892/93, wo er auch einmal überwintert hatte. Er hat aber die langen Seetörns der „Gauss“ bewusst als wichtigen Bestandteil der Expedition verstanden, sich vehement für die marinen Fachgebiete engagiert und dabei zu einem Experten entwickelt, was ihm den Respekt der entsprechenden Kollegen sicherte. Im Übrigen war Drygalski darauf eingestellt dass er die gesamte Zeit der Expedition an Bord der „Gauss“ verbringen würde. Er hielt es für möglich – gemäß einer Hypothese von Otto Krümmel – südlich der Kerguelen in einen transantarktischen Sund zu gelangen, in dem sein Schiff dann bis zum Pol hätte vordringen können (weitere Details vgl. KRAUSE 2010 Fußnote 147), d.h. Landoperationen wären dann nicht nötig gewesen.

Hingegen war Filchner auf Grund der Leistungen, die er bei der Bereisung asiatischer Hochgebirgsregionen unter Beweis gestellt hatte, zum Leiter der 2. DAE bestellt worden. Ihm war offensichtlich aber nicht bewusst, dass sich seine Expedition in der grundsätzlichen Ausrichtung nicht wesentlich von der ersten Deutschen Südpolar-Expedition unterschied. Auch die 2. DAE war jedenfalls zunächst eine marine Expedition. Das erste Ziel nach dem langen marin-wissenschaftlichen Nord-Süd-Schnitt durch den Atlantik war der Vorstoß in ein unbekanntes Seegebiet (unter Erfassung ozeanographischer, meteorologischer und biologischer Daten)! Erst nachdem dieses Seegebiet durchfahren und ein mögliches antarktischen „Festland“ erreicht war, konnte man das beginnen, was Filchner am Herzen lag – einen Vorstoß in das Innere des Kontinents durchführen. Dazu kam es aber nicht. Filchner konnte somit seine Fähigkeiten als Leiter einer „Landexpedition“ nicht unter Beweis stellen. Der Rolle als Leiter einer Überwinterung an Bord der „Deutschland“ war er offensichtlich nicht gewachsen.⁶⁶

Der Anteil, den er an den aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten hat, ist schwer einzuschätzen. Mit seinen geodätischen und vermessungstechnischen Kenntnissen stand er in Konkurrenz zu den Schiffsoffizieren. Aber diese Fähigkeiten haben jedenfalls einen Niederschlag in den vielen Kartenbei-

lagen seines Buches gefunden (FILCHNER 1922). Mit Beginn der Überwinterungsroutine hat er Thermometerablesungen durchgeführt, zu denen er auch in den Großmast bis oberhalb der Ausgucktonne steigen musste, was speziell in der Dunkelheit des Polarwinters kein Vergnügen gewesen sein dürfte. Man darf annehmen, dass der erwähnte Sturz von der Rah mit diesen Arbeiten im Zusammenhang stand.⁶⁷ Gelegentlich ist Filchner auch dem Geomagnetiker zur Hand gegangen, wie man aus dem wissenschaftlichen Arbeitsprogramm entnimmt (FILCHNER 1922 S. 302-304, BARKOW 1924 S. X). Er hat auch kinematographische Aufnahmen gemacht (FILCHNER 1922 S. 315), die aber nicht nachgewiesen werden konnten.

Nach den oben dargelegten Fakten darf man davon ausgehen, dass zunächst Seelheim und später Filchner an Bord systematisch diskreditiert wurden und dass die Reaktion Filchners, die nicht immer souverän war, dazu beitrug, dass auch zuvor neutrale Personen, wie z.B. der Meteorologe Barkow, sich von ihm abwandten. Filchners Frustrationen über die Ereignisse und Entwicklungen auf seiner Antarktisexpedition waren erheblich – sie haben ihn sein Leben lang belastet, wie man u.a. aus seinen Feststellungen unschwer schließen kann (KIRSCHMER 1985 S. 24-52 auch FILCHNER 1951). Allerdings dürften diese unmittelbar nach der Expedition zunächst weniger ausgeprägt gewesen sein, denn Filchner, der sich mit Amundsen angefreundet hatte, plante mit diesem zusammen eine Expedition, die u.a. mit der Unterstützung von Flugzeugen verwirklicht werden sollte, weshalb beide intensiven Unterricht im Fliegen nahmen. Diese Planungen konnten wegen des ersten Weltkrieges nicht verwirklicht werden.⁶⁸

Das Kapitel beschließend sei auf einen speziellen Sachverhalt hingewiesen. Aus seinen Tagebüchern 1906-08 weiß man, dass Alfred Wegener sich intensiv mit der Erforschung der Antarktis auseinandergesetzt hat, und ihm daran gelegen war, sich einer Expedition in den Süden anzuschließen. Als er 1908 nach zweijähriger Teilnahme an der dänischen Mylius-Erichsen-Expedition aus Grönland zurückgekehrt war, gehörte er unstrittig zu den wenigen deutschen Polarexperten und hatte überdies einen guten wissenschaftlichen Ruf. Was wäre nahegelegener gewesen, als dass Filchner sich dieses Mannes versichert hätte? Offenbar hat es aber von keiner Partei Versuche einer Kontaktaufnahme gegeben. Jedenfalls sind derartige Versuche bis heute nicht nachgewiesen worden.⁶⁹ Die einzige Erwähnung der Filchnerschen Expedition, die Verfasser kennt, befindet sich in der Biographie WEGENER (1960, S. 67, 68). Daraus entnimmt man, dass Wegener sich im November 1910 offenbar an Planungen für eine Parallelexpedition zur 2. DAE beteiligte, die nach Spitzbergen gehen sollte. Kurios mutet der Umstand an, dass sich Wegener indirekt auch als Experte für die Filchnersche Expedition betätigte, von deren Seite eine Anfrage an seinen späteren Schwiegervater Wladimir Köppen zu den aerologischen Verfahren in Polargebieten ergangen war, die dieser an Wegener weiterleitete! Wegener schickte seine Antwort an Köppen, über den diese an den nicht genannten Fragesteller gelangt sein dürfte.

ZUSAMMENSCHAU DER WISSENSCHAFTLICHEN ERGEBNISSE

Will man eine wissenschaftliche Bewertung der zweiten Deutschen Antarktischen Expedition (2. DAE) abgeben, steht ganz oben die Würdigung der großen geographischen Erkenntnis, dass es ein Weddellmeer gibt, das auf 78° S, ähnlich wie das Rossmeer, von einer Schelfeisbarriere und durch Festlandstrukturen begrenzt wird. Diese Entdeckung hat Filchner in seinem Buch von 1922 literarisch gut dargestellt und durch zahlreiche Kartenskizzen untermauert. In HORNIK & LÜDECKE (2007) wird darauf aufmerksam gemacht, dass Filchner der erste war, der den Abbruch und den Zerfall einer größeren Schelfeisfläche beschrieben hat.⁷⁰

Bereits während der Anreise in die Antarktis wurden verschiedene meereswissenschaftliche Fragestellungen bearbeitet. Besonders der planktonbiologische Nord-Süd-Schnitt hat – nicht zuletzt durch die Anwendung neuer Methoden (Netze, Zentrifugen) – bedeutende Erkenntnisse hervorgebracht (LOHMANN 1912; Abb. 16). Auch die Arbeiten auf und

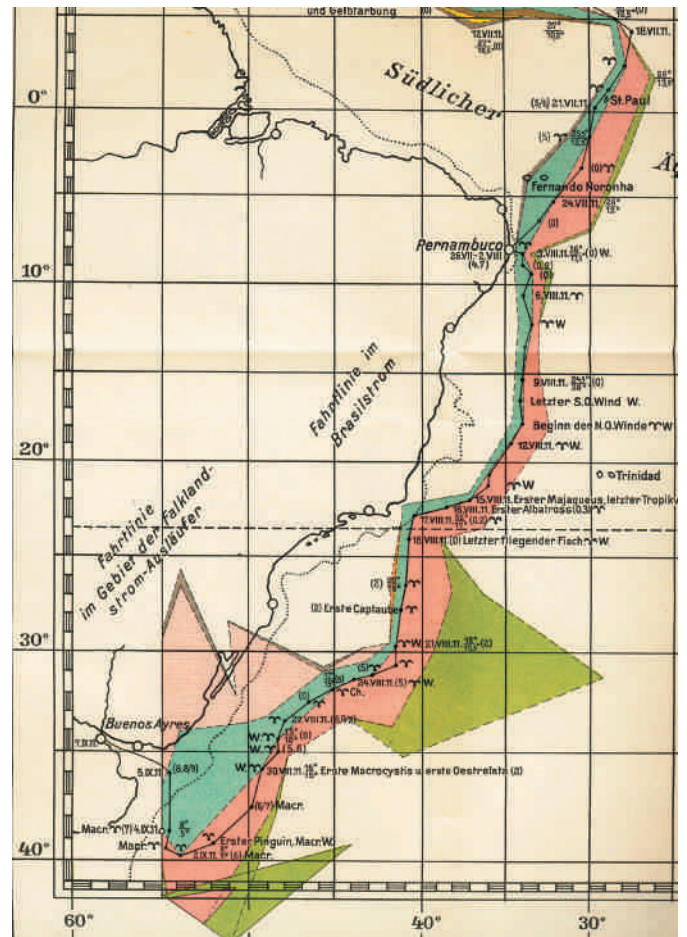


Abb 16: Karte zur „Bevölkerungsdichte des Mikro- und Nanoplanktons“ im südlichen Atlantischen Ozean (LOHMANN 1912, Ausschnitt). Die insgesamt acht verschiedenen Farben sind verschiedenen Algen zugeordnet, z.B. hellgrün für Diatomeen. Die Breite des farbigen Streifens senkrecht zur Kurslinie ist ein Maß für die spezielle Individuenhäufigkeit an dem entsprechenden Ort.

Fig. 16: Map to demonstrate the population density of the micro- and nanoplankton of the southern Atlantic Ocean (LOHMANN 1912, cutout). The eight colors in total are correlated to different alga, light green e.g. for diatoms. The width of the colored bands perpendicular to the heading is a measure for the density of the special alga at the corresponding position.

um Südgeorgien, die u.a. zu einer Verbesserung des Kartenbildes der Insel führten, haben in kleinen Publikationen einen Niederschlag gefunden. (vgl. HEADLAND 1984).

Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der deutschen Antarktischen Expedition 1911-1912, sind in einer umfangreichen Publikation dargestellt (BARKOW 1924). In seiner abschließenden „... allgemeinen Betrachtung über die Luftzirkulation in der Antarktis ...“ erkennt Barkow „... die gewaltige, fast ständige Bodeninversion in der Weddellsee als den maßgebenden Faktor für die gesamte Luftbewegung ...“ (BARKOW 1924 S. 152). Er kommt zu dem Schluss, „... dass das ganze Festland der Antarktis mit einer Antizyklone bedeckt ist, deren wirksame Mächtigkeit von der Größenordnung von 1000 m ist.“ Interessant sind auch seine Spekulationen zur „Ernährung des Inlandeises.“ Er errechnet „... einen Niederschlag rein aus Sublimationsvorgängen infolge von Bodeninversionen von rund 6 mm im Jahr ...“ (etwa 20 % der Gesamtmenge, BARKOW 1924 S. 165). Barkows abschließende Betrachtung lautet: „Die Zirkulation über der Antarktis wird beherrscht von einer antizyklonalen Kappe, die wahrscheinlich nach außen wandernde Wellen, im wesentlichen also in Nord-Süd-Richtung, aussendet. Darüber liegt eine zyklonale Schicht, die im Zusammenhang mit der Zirkulation der gemäßigten Breiten steht, und in der sich west-östlich wandernde Luftdruckgebilde bewegen. Beide beeinflussen sich gegenseitig. In der Hauptsache beherrscht das obere das untere System, wenigstens soweit es den Luftdruck betrifft. Die Winde am Boden werden hauptsächlich durch das untere System beherrscht, über dem Festland am meisten und mit zunehmenden Entfernung davon um so weniger. In Cirrenhöhe, also vermutlich mehr der Stratosphäre angehörig, scheint sich eine Strömung zu zeigen, die quer über die Antarktis vom Indischen Ozean zum Gebiet der Westantarktis geht, wie die Nordkomponente des Cirrenzuges im ersteren Gebiet und die Südkomponente im zweiten Gebiet andeutet.“ Barkows weitausgreifende Betrachtungen waren neben seinen eigenen Daten und Beobachtungen durch eine umfangreiche Literatur unter besonderer Berücksichtigung anderer Polarexpeditionen gestützt.⁷¹

Auch die ozeanographischen Ergebnisse, die Brennecke aus den Daten der gesamten Reise extrahierte, hatten einen bahnbrechenden Charakter. Aus seiner Feder stammt die Bemerkung: „Ein Vergleich des neu entworfenen Schemas der meridionalen Tiefenzirkulation mit den Darstellungen von

Schott im „Valdivia“ Werk und vom Verf. im „Planet“ Werk zeigt, dass die neuen Beobachtungen, die auf der „Deutschland“-Expedition gewonnen wurden, zu grundlegenden Änderungen in der Auffassung der Wasserbewegung der Tiefsee führen.“ Und an anderer Stelle heißt es: „Völlig unbekannt war bislang der große Anteil, den das nordatlantische Tiefenwasser an der Tiefenzirkulation des Südatlantischen Ozeans nimmt sind auch die Beobachtungen der Deutschland in 2000 m und 3000 m nicht sehr zahlreich, so ergeben sie doch das Vorhandensein dieses Nordatlantischen Tiefenstromes so klar, dass jeder Zweifel ausgeschlossen erscheint“ (BRENNKECKE 1921, S. 139). Die Bedeutung von Brenneckes Beitrag zum Verständnis der globalen ozeanischen Zirkulation ist in der Fachwelt unbestritten (Abb. 17, Abb. 18).

Eine Publikation der geomagnetischen Daten der Expedition erschien erst 1933 (PRZYBYLLOK 1933). In dieser Arbeit findet man eine Reihe von technischen Details u.a. auch zu den Ortsbestimmungen. Im Zusammenhang mit den Registrierungen ab März 1912 wird auf die Probleme verwiesen, die sich daraus ergaben, dass sich die Eisschollen auf denen das Magnetische Observatorium errichtet war, in ständiger Bewegung befanden (Abb. 19).



Abb 17: Lotung der Meerestiefe und Entnahme von Wasserproben mit einer kleinen Lucas-Maschine weit vom Schiff entfernt auf dem Meereis (BRENNKECKE 1921 S. 31).

Fig. 17: Sounding the depth of the Weddell Sea and taking water samples at a place away from the vessel with a small Lucas-equipment mounted on the sea-ice (BRENNKECKE 1921 page 31).

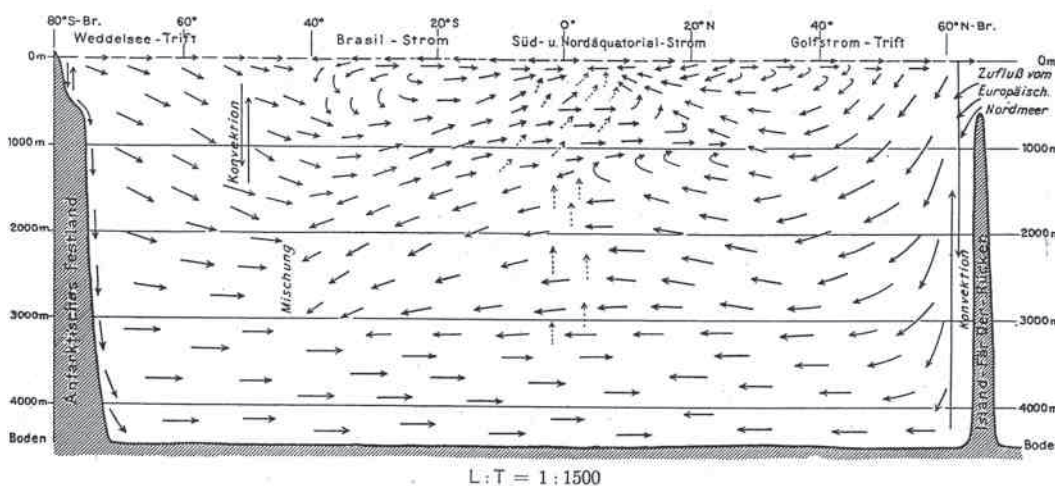


Abb 18: Schema der meridionalen Tiefenzirkulation im Atlantischen Ozean zwischen 80° S und 60° N. Die Tiefenangaben sind 1500-fach überhöht (BRENNKECKE 1921 S. 138). In dem Werk findet man zahlreiche großformatige Darstellungen der ozeanographischen Daten der Reise.

Fig. 18: Pattern of the meridional circulation in the depth of the Atlantic Ocean between 80° S and 60° N. The scale of the depth is 1500 times the scale of the meridional distance (BRENNKECKE 1921 p. 138; this article includes several large-sized diagrams to display the oceanographic data of the cruise.



Abb 19: Wissenschaftler der 2. DAE im Südwinter 1912 in der Antarktis – zweiter von links Meteorologe Erich Barkow, ganz rechts Ozeanograph Wilhelm Brennecke (Filchner Archiv Bayr. Akad. Wiss. München).

Fig. 19: Scientists of the 2. DAE during wintering in the Antarctic, 1912; second from left: meteorologist Erich Barkow, right: oceanographer Wilhelm Brennecke (Filchner Archives, Bavarian Acad. Sci. Munich).

Es kann an dieser Stelle keine detaillierte Bewertung der wissenschaftlichen Arbeiten gegeben werden. Eine Bemerkung sei aber angefügt: Die beiden großen Arbeiten von Brennecke und Barkow können noch die gesamte antarktische Literatur ihres Faches samt der zugrundeliegenden Daten berücksichtigen und die Verfasser scheuen sich nicht, unter Hinzunahme ihrer eigenen Beobachtungen, großräumige, wenn nicht globale Zirkulationsprobleme anzugehen. Derar-

tige Versuche lagen, jedenfalls bis in die Zeit des Ersten Weltkrieges hinein, durchaus im wissenschaftlichen Trend. Es waren große Schritte bei dem Versuch, das System Erde zu erfassen.

FAZIT – REFLEKTION

Vom entdeckungsgeschichtlichen Standpunkt ist die Filchner-Expedition vergleichbar mit der sensationellen Auffindung des Ross-Schelfeises durch Sir James Clark Ross (1800-1862) zum Jahreswechsel 1840/41. Dennoch ist Filchners Expedition weitgehend unbekannt geblieben. Beachtlich ist, dass eine der bekanntesten Polarexpeditionen überhaupt diejenige ist, die Shackleton 1914-16 in dasselbe Seegebiet mit ähnlichen geographisch Zielen wie Filchner durchführte. Im Unterschied zu Filchner erreichte Shackleton weder das Innere des Weddellmeeres mit der Schelfeisbarriere noch überstand sein Schiff die Eisdrift. Die faszinierenden Fotografien und Filmaufnahmen dieser Expedition aber haben die Welt erobert und die Expedition unsterblich gemacht, während sich an Filchner, den eigentlichen „Entdecker“ des Weddellmeeres, bestenfalls Spezialisten erinnern.⁷²

Die ozeanographischen und meteorologischen Daten haben zum Verständnis der globalen Strömungsverhältnisse der Meere und der Atmosphäre beigetragen. Die internationale wissenschaftliche Reflektion der Reise blieb dennoch begrenzt, was mit dem Beginn des Ersten Weltkrieges im Zusammenhang stand und mit der Tatsache, dass es keine geschlossene Präsentation der Ergebnisse gab. Dass die Reise objektiv von Bedeutung war, wird nicht zuletzt dadurch unter-



Abb 20: Kurse der Weddellmeer-Expeditionen 1903 und 1911-12. Grün = „Scotia“ der schottischen Expedition unter Leitung von W.S. Bruce, 1903; rot = Kurs der „Deutschland“ 1911-12 (WICHMANN 1913, Taf. 13, Ausschnitt).

Fig. 20: The headings of the Weddell Sea Expeditions of 1903 and 1911-12. Green = The „Scotia“, the vessel of the Scottish Expedition under the leadership of W.S. Bruce, 1903; red = headings of the „Deutschland“ 1911-12 (from WICHMANN 1913, sheet 13, cut out).

strichen, dass das Weddellmeer bis heute ein bevorzugtes Untersuchungsgebiet der deutschen Polar- und Meereswissenschaften ist (Abb. 20).

In diesem Kontext steht ein weiterer Sachverhalt, der aber schon wieder Geschichte ist: In der Institutionalisierungsphase der gegenwärtigen deutschen Polarforschung, die schon vor der Gründung des Alfred-Wegener-Instituts begann, ließ man sich auch von historischen Gesichtspunkten inspirieren. Das, was Filchner 1912 nicht gelungen war, sollte nun verwirklicht werden, die Einrichtung einer permanenten Überwinterungsstation auf dem Schelfeis des südlichen Weddellmeeres. Die Voruntersuchungen zum Aufbau einer Station – in deren Nähe sich lediglich die argentinische Basis Belgrano befand – verlief positiv. Zuversichtlich begab sich Ende des Jahres 1980 die Baumannschaft unter der Leitung von Heinz Kohlen (1938-1997) mit drei Schiffen samt Gerät und Material auf die Reise. Aber die Eisverhältnisse ließen es nicht zu, dass die vorgesehene Position erreicht wurde. Es musste auf das leichter zugängliche, an der Nordostbegrenzung des Weddellmeeres gelegene Eckström-Schelfeis (Eckströmisen), ausgewichen werden, wo auf 70°37' S, 08°22' W bis Ende März 1981 die Georg-von-Neumayer-Station entstand. Dennoch wurde der Plan einer Station auf dem Filchner-Schelfeis nicht aufgegeben. Im Januar 1982 konnte hier die Filchner-Station eingeweiht werden (77°06' S, 50°24' W), die als Basis für Forschungsarbeiten im Sommer genutzt werden sollte.⁷³

Allerdings entwickelte sich das Schicksal der Station, ähnlich dem der von 1912. 1998 erkannten britische Glaziologen auf Sattelitenbildern, dass sich der „Stations-Eisberg“, Kürzel A-38, vom Filchner-Schelfeis gelöst hatte. Den Technikern des AWI gelang es dann im Februar 1999 die Station bis auf die im Eis eingefrorene Fundamentkonstruktion abzubauen und mit der „Polarstern“ nach Bremerhaven zurück zu bringen.

Mit geringen Modifikationen fand das Material dann später als „Kohlen-Station“ (75° S, 00°04' E) erneut Verwendung, eine temporäre Einrichtung, die im Rahmen des europäischen Eiskernbohrprogramms eingesetzt wurde. Ohne hier auf die variierenden Fragestellungen der Antarktisforschung einzugehen: Im Zusammenhang mit der Stabilität der Schelfeise, die im wissenschaftlichen Diskurs gelegentlich aufscheint, dürfte es vermutlich nur eine Frage der Zeit sein, wann es erneut zur Einrichtung einer Station auf dem Filchner-Schelfeis kommt.

DANKSAGUNG

Den Herren G. Hempel, Kiel, R. Huxmann Bremerhaven und M. Spindler, Kiel, möchte ich für ihre außerordentlich engagierte Begutachtung, die der Arbeit wichtige Impulse verliehen hat, ganz herzlich danken.

ENDNOTEN

- ¹ Die erste deutsche wissenschaftliche Expedition in die Antarktis 1901-1903 lief unter dem offiziellen Namen „Deutsche-Südpolar-Expedition“ (auch Deutsche Südpolar-Expedition). Die im Folgenden thematisierte Reise hieß „Deutsche Antarktische Expedition“. Unter demselben Namen wurde auch die dritte Deutsche Antarktiskampagne („Schwabenland-Expedition“) von 1938/39 durchgeführt. Die Bezeichnung 2. DAE ist daher sinnvoll. Zur Geschichte der deutschen Forschungen im Südpolargebiet erschien anlässlich der Ausreise der 2. DAE ein gedankenreicher Artikel (BASCHIN 1912). Eine anschauliche Übersicht über die Entwicklung der Erschließung der Antarktis bis in die 1980er Jahre findet man in READER'S DIGEST (Hrsg. 1991). Eine detail- und kenntnisreiche Übersicht über nahezu alle antarktischen Expeditionen und wichtigen Ereignisse liefert HEADLAND (2009). Von speziellerer Bedeutung sind zwei längere Beiträge, die am 7. und 8. Mai 1911 zur Ausreise der Expedition in der „Bremer Zeitung“ erschienen. Besonders der zweite Artikel – Die Abfahrt der deutschen Südpolarexpedition – beschreibt ausführlich die Umstände des Auslaufens der „Deutschland“ und zitiert aus verschiedenen Ansprachen. Man beachte auch die Notiz: „... Er selbst (Filchner) erhielt aus Anlaß der Abfahrt seines Expeditionsschiffes ein Kabeltelegramm von der britischen antarktischen Expedition, der Expedition des Kapitän Scott, aus Christchurch in Neuseeland, worin ihm die besten Wünsche für die Expedition übermittelt wurden.“
- ² Beim Auslaufen der „Deutschland“ blieb Filchner zunächst an Bord kehrte dann aber mit dem Lotsenboot wieder nach Bremerhaven zurück. Diesen Hinweis verdanke ich Herrn Hoheisel-Huxmann vom Deutschen Schifffahrtsmuseum.
- ³ Von diesem Werk gibt es eine Übertragung ins Englische (FILCHNER 1994). Diese englische Fassung des kanadischen Polarhistorikers William Barr ist (mit Ausnahme der Abbildungen) von beachtlicher Qualität und bekommt durch das Vorwort und die Einführung des Übersetzers ein zusätzliches Gewicht. Barr gibt u.a. eine vergleichsweise ausführliche Lebensbeschreibung Filchners, in die er auch eigene Wertungen einfließen lässt.
- ⁴ Tatsächlich sind später zwischen Filchner und Wilhelm II häufig Grußbotschaften ausgetauscht worden und mindestens ein Besuch Filchners in Doorn ist dokumentiert. Wissend, dass der Kaiser auch im Exil Forschungsreisende finanziell unterstützte, muss dieser Besuch nicht ganz uneigennützig gewesen sein. Man beachte auch, dass Filchner zum 60. Geburtstag des Kaiserfreundes Leo Frobenius die Laudatio gehalten hat (FILCHNER 1951). Eine thematisch abweichende Bemerkung sei an dieser Stelle erlaubt: Im Weiteren wird in verschiedenen Zusammenhängen darüber nachgedacht weshalb Filchner mit vielen persönlichen Schwierigkeiten an Bord zu tun hatte. Dabei wird die Möglichkeit, dass einigen Fahrteilnehmern Filchners politische Einstellung suspekt gewesen sein könnte, nicht berücksichtigt.
- ⁵ Es sei daran erinnert, dass sich der *Expressionismus* als (deutsche) Kunstrichtung und Lebensgefühl bereits deutlich vor 1910 zu etablieren begann.

- ⁶ Englischer Titel: *The Loyal Subject or Man of Straw* (1919); französischer Titel: *Le Sujet de l'Empereur* (1918).
- ⁷ Einleitend liest man in Beck 1969: „... *Ich habe mit Vielen sprechen dürfen, die seinen Weg gekreuzt haben. Man hat mir Hinweise gegeben, hat sein Gedächtnis aufgefrischt oder hatte fertige Urteile bereit. Niemand jedoch hat bestritten, daß Filchners Beitrag zur Erschließung Asiens bewundernswürdig sei. Sein Mut, seine Tatkraft, seine Zähigkeit, sein Orientierungssinn, seine Technik der Routenaufnahme und seine glückliche Hand hat niemand übersehen wollen und können.*“
Eine aufschlussreiche Würdigung Filchners erschien in der „Zeitschrift für Vermessungswesen“ (KNEISSL 1957). U.a. findet man hier auch eine Bibliographie Filchners und den Hinweis auf den ausführlichen Nachruf (mit einem Porträt), der in „The Times“ am 9. Mai 1957 erschien und wo man die folgende Bemerkung findet: „*A democrat by upbringing and conviction, he made no bones about his anti-Nazi feelings before and during the late war; but the Nazis could not afford to eliminate one of the few scientists and explorers of international reputation left to Germany, and permitted Filchner to keep aloof, with his memories and his still successful writings.*“ Bemerkenswert ist ferner, dass „The Times“ eine Woche später einen weiteren Artikel zu Filchner veröffentlichte, diesmal unter Nennung des Autors: Dr. Rainer Goldsmith. Dieser würdigt fachkundig die Leistung der 2. DAE – „*We were able to confirm the accuracy of his (Filchners) maps though there had been some quite dramatic changes in the intervening years*“ – und stellt diese in einen Zusammenhang mit der Shackleton-Expedition von 1914/15 und der britischen IGY Expedition 1956-58 (vgl. Endnote 53).
- ⁸ Das Buch, das Filchner in den Jahren 1948-50 überwiegend in Poona, Indien schrieb (Ende 1949 kehrte Filchner nach Europa zurück), ist jedenfalls betreffend die 2. DAE 1911-13 in einigen Fakten fehlerhaft.
Filchners Nachlass wird zum großen Teil vom Archiv der Bayerischen Akademie der Wissenschaften verwaltet. Das Archiv ist in vier Stahlschränken untergebracht. Wissenschaftlichen Interessenten wird der Zugang ermöglicht.
Die Archivbestände umfassen Tagebuchaufzeichnungen, einen Film über Tibet, zahlreiche Bücher und Karten, sehr viel Korrespondenz und etliche Gegenstände aus Filchners Besitz. Im Laufe der Jahre kamen von verschiedenen Quellen weitere Archivalien hinzu, vor allem aber über Filchners Tochter, Erika Schneider-Filchner (über Informationen zum Filchner-Archiv sei Herrn Helmut Hornik, BAdW herzlich gedankt).
Weitere interessante Unterlagen zu Filchner und seinen Expeditionen befinden sich im Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.
Im Bayerischen Hauptstaatsarchiv befinden sich eine Personalakte (1897-1921) und ein Teilnachlass mit Forschungsdaten (Ortsbestimmungen etc.) von seiner Asien-Expedition 1926-28.
- ⁹ Der Deutsche Nationalpreis für Kunst- und Wissenschaft, dotiert mit 100.000 Mark, war eine speziell von Hitler gewünschte Auszeichnung, die dem Nobelpreis entgegengestellt wurde. Seit 1937 war deutschen Staatsbürgern die Annahme des Nobelpreises untersagt.
- ¹⁰ Hier sei nur daran erinnert, dass ein weiterer Preisträger Alfred Rosenberg (1892-1946) war – der Mann, der das Buch „Der Mythos des 20. Jahrhunderts schrieb“ – die abstruse Krönung des Rassenwahns.
In den Tagebüchern Goebbels gibt es Bemerkungen zur Preisvergabe 1937/38. Danach war Filchner so etwas wie ein politisch neutraler Kandidat, von dem man annahm, seine Würdigung würde im In- und Ausland auf Zustimmung treffen. Man darf auch annehmen, dass man die Preisverleihung mit Filchners 60. Geburtstag (13.9.37) korrelieren wollte. Es gibt ein Foto von der Preisverleihung, auf dem der wettergegerbte Filchner etwas deplatziert wirkt.
- ¹¹ Dieses Buch erschien erstmals 1924 unter dem Titel „Sturm über Asien – Erlebnisse eines diplomatischen Geheimagenten“.
Nach eigenen Angaben hat Filchner im ersten Weltkrieg etwa ab 1915 für den „Nachrichtendienst des Admiralstabs“ gearbeitet und die Leitung der „Marine Nachrichtenstelle in Bergen“ (Norwegen) übernommen (1916?). Auf Initiative Fritjof Nansens, zu dem Filchner enge Kontakte hatte, kam es zu dem Versuch einer Friedensvermittlung (vgl. FILCHNER 1951, S. 146-152).
- ¹² Filchner hat im Laufe seiner Karriere als Geodät und Geomagnetiker große Leistungen erbracht. 1938 verlieh ihm die Technische Hochschule in München den Titel Dr.-Ing. E.h. Ganz beachtlich ist das Buch FILCHNER 1957, das letztlich auf Anregung eines britischen Kollegen verfasst wurde, in welchem Filchner seine umfassenden Erfahrungen in der Routenaufnahme eindrucksvoll darlegt. Bei aller Qualität, die das Werk hat, war es 1957 nur in Teilen noch aktuell, da sich neue Methoden der Navigation und der Landesaufnahme rasch entwickelten.
- ¹³ Sir Ernest Shackleton (1874-1922), Robert Falcon Scott (1868-1912), Roald Amundsen (1872-1928).
- ¹⁴ Verfasser hat sich vergeblich bemüht in den lückenlos über das Internet zugänglichen Reichstagsprotokollen diese Behauptung Filchners nachzuweisen.
- ¹⁵ Es hat Versuche gegeben, Wilhelm II umzustimmen, die aber ohne Erfolg verliefen (FILCHNER 1994 S. 25, W. Barr, Translator's Introduction).
- ¹⁶ Die Gesamtkosten der Expedition dürften um 1,4 Millionen Mark gelegen haben. Dieser Betrag entspricht dem, der im „*Kostenvoranschlag für die Antarktische*“ Expedition auf Seiten 10 und 11 der Denkschrift über die Deutsche Antarktische Expedition (ANONYMUS 1911) gegeben wird. Einiges zur Finanzierung der 2. DAE findet man in RACK 2010 S. 61. Die erste deutsche Antarktisexpedition 1901/03 soll rund 1,5 Millionen Mark gekostet haben. Kaufkraftvergleiche zwischen 1911 und 2011 sind aus verschiedenen Gründen problematisch. Um eine realistische Größenordnung anzudeuten: Für die 1,4 Millionen Mark könnte man 14 Millionen Euro einsetzen.
- ¹⁷ Auch Shackleton hätte das Schiff gerne gekauft, konnte aber zu dem Zeitpunkt offenbar den Kaufpreis nicht aufbringen (u.a. FILCHNER 1922 S. 25).

- ¹⁸ Über die Konsequenzen, die sich aus der Verleihung der Reichsdienstflagge ergaben, hat sich Filchner in einer langen Fußnote ausgelassen (FILCHNER 1922 S. 36). In dieser Anmerkung beschreibt er auch unumwunden seine Inkompetenz in allen seemännischen Angelegenheiten.
- ¹⁹ Offizieller Name: „British Antarctic Expedition 1910“.
- ²⁰ Filchner schrieb (FILCHNER 1951 S. 108), er sei zum 1. Juni 1911 zur Ausreise der britischen Antarktis Expedition vom „Verein Deutsche Antarktische Expedition ...“ nach London geschickt worden, „um Scott die Glückwünsche der Deutschen mit auf den Weg zu geben.“ Hier täuscht sich Filchner; richtig muss es heißen: 1. Juni 1910.
- ²¹ Aus RACK (2010 S. 66) entnimmt man, dass es einen recht regen Austausch zwischen Filchner und Bruce gab. Filchners Briefe werden vom SPRI in Cambridge gehalten.
- ²² Angesichts der Tatsache, dass die Expedition bereits am 7. Mai 1911 Bremerhaven verließ ist das späte Erscheinungsdatum der Denkschrift erstaunlich.
- ²³ Otto Nordenskjöld hat eine *Einführung* in FILCHNER 1922 verfasst.
- ²⁴ Das Schiff der ersten Deutschen Antarktischen Expedition, das Polarforschungsschiff „Gauss“, war bezüglich seiner Rumpfform der norwegischen „Fram“ ähnlich, war also gegen Eispressungen weitgehend resistent und somit geeignet für eine Drift im Presseis. Ganz anders die „Deutschland“ und die Expeditionsschiffe der anderen Nationen. Diese waren als eisverstärkte Transportschiffe konzipiert. Dass die „Fram“ 1911/12 als Antarktis-Expeditionsschiff benutzt wurde, war keineswegs geplant. Vielmehr sollte das Schiff für eine arktische Driftfahrt nach dem Vorbild Nansens (1893-96) eingesetzt werden. Bekanntlich hat sich Roald Amundsen kurzfristig zu einer Südpol-Expedition entschlossen.
- ²⁵ In Filchner 1922 werden die Toponyme Weddell-See und Weddell See verwendet (z.B. FILCHNER 1922 S. 3). Im vorliegenden Text wird ausschließlich der Ausdruck Weddellmeer benutzt. James Weddell hatte das von ihm erstmals befahrene Seegebiet George IV Sea genannt. Diesen Namen, „Georg IV Meer“, hat der deutsche Geograph August Petermann in seinen Antarktiskarten 1: 60 Millionen (1865) und 1:40 Millionen (1868) verwendet (PETERMANN 1865 Tafel 5 und PETERMANN 1868 Tafel 20), was insofern beachtlich ist, da es der einzige Namenseintrag in dem von ihm postulierten *Antarktischen Ocean* ist, den er auch *Südliches Eismeer* nennt, während er das viel besser bekannte und weiter nach Süden reichende Rossmeer unbenannt wiedergibt. Erst ab 1898 lässt sich die Bezeichnung Weddell-See für das noch weitgehend fiktive Seegebiet nachweisen. Sie stammt aus einer Publikation des deutschen Geographen Karl Fricker (FRICKER 1898 S. 3 und angebundene Karte) und ist in der englischen Übersetzung des Werkes in Weddell Sea transformiert worden. In FRICKER (1898) wird auch erstmals der Name Drake-Straße verwendet, aus dem in der englischen Übersetzung Drake Passage wurde.
- ²⁶ Vgl. die Karte in WEDDELL (1827). Im Roman „Die Abenteuer des Gordon Pym“ (POE 1838) und seiner Fortsetzung „Die Eissphinx“ (VERNE 1903) wurde jeweils Weddells Kurs weiter verfolgt, genau wie von der 2. DAE durchgeführt. In diesen fiktiven Romanen wurde jeweils der Südpol erreicht.
- ²⁷ Einzelheiten zur Entwicklung dieser Pläne vergl. FILCHNER 1922 S. 4.
- ²⁸ Für den Fall, dass es Filchners „Land-Gruppe“ gelingen würde auf die britische Expedition (oder ihre Einrichtungen) im Rossmeer zu stoßen, hatte diese ihre Unterstützung zugesagt. Ein Konkurrent beim Wettlauf zum Südpol war Filchner tendenziell nicht, da er ja frühestens im Oktober/November 1912 hätte aufbrechen können.
- ²⁹ Dazu findet man ein paar Andeutungen in Filchner (1951 S. 111) „Im Nordhafen (Darsena Norte) von Buenos Aires fand ich unser Schiff wieder (gemeint ist die „Deutschland“), schwermütlich vertäut neben Roald Amundsens Polarschiff „Goeja“. Amundsen war mit Scott und mir der dritte, der die polaren Gefilde auf Korn genommen hatte.“ Im Weiteren liest man dass Filchner von Amundsens Vorhaben erst hier erfuhr aber von weiteren Antarktisexpeditionen keine Kunde hatte. Bei der „Goeja“ handelt es sich natürlich um eine Verwechslung mit der „Fram“, die schon einige Monate zuvor in Buenos Aires gewesen war, nachdem sie Amundsen und sein Expeditionssteam in der Antarktis abgesetzt hatte. Zwischenzeitlich war das Schiff dann zu einer ozeanographischen Forschungsreise in den Südatlantik ausgelaufen und machte nun, vor der erneuten Ausreise in die Antarktis mit dem Ziel, Amundsen und seine Leute von dort wieder abzuholen, einen kurzen Zwischenstopp in Buenos Aires.
- ³⁰ Die australische Expedition unter Douglas Mawson erforschte in den Jahren 1911 bis 1913 verschiedene Teile der antarktischen Küstenregion zwischen 90° und 150° E. Bei einer der Expeditionen um den Jahreswechsel 1912/13 kamen zwei Teilnehmer zu Tode. Mawson selbst überlebte die Reise unter unglaublichen Umständen. Eine Schilderung der Reise erschien in deutscher Sprache 1921 (MAWSON 1921), also nur kurz vor dem Erscheinen von Filchners Expeditionsschilderung. Die geographische Aufgabe betreffend – die Erschließung der Antarktis – dürfte die australische Expedition von den fünf Expeditionen die erfolgreichste gewesen sein.
- ³¹ Von dieser Expedition ist in englischer oder deutscher Sprache keine zeitgenössische Schilderung bekannt. Seit 2011 gibt es eine von der „Shirase Antarctic Expedition Supporter's Association“ herausgegebene und von Lara Dagnell & Hilary Shibata übersetzte und editierte Darstellung der Expedition (416 S.), die Verfasser nicht vorlag. Eine Erwähnung der japanischen Expedition s. PGM 1911/1 S. 139; einen kurzen Abriss zu dem Expeditionsgeschehen mit interessanten Fotos findet man in READER'S DIGEST (Hrsg.) (1991 S. 206/207). Ein Foto der „Kainan Maru“, des Japanischen Expeditionsschiffes, liefert HUNTFORD (1989 S. 138.) Die Japaner hatten das Rossmeer als Zielgebiet gewählt und erreichten die dort gelegene Bay of Whales

(rund 78°30' S, 164° W), eine quasistationäre Einbuchtung im Schelfeis (ähnlich wie die Atka Bucht des östlichen Weddellmeeres), die Amundsen als Überwinterungsplatz und Ausgangspunkt für seine Reise zum Südpol ausgewählt hatte, am 16. Januar 1912 und trafen auf die dort kurz zuvor angekommene „Fram“, die im Begriff war, die norwegische Expedition abzuholen.

³² An dieser Stelle sei herausgestellt, dass alle Expeditionen, die sich um 1911 in die Antarktis aufmachten, im Prinzip identisch konzipiert waren. Das Ziel aller Expeditionen war die Bereisung des antarktischen Kontinents – anders formuliert – die geographischen Entdeckungen auf dem Kontinent hatten oberste Priorität. Dazu mussten Personen und Material in der Antarktis abgesetzt und im Folgejahr wieder abgeholt werden. D.h. die Schiffe waren nicht dazu bestimmt, in der Antarktis zu überwintern, sondern sollten nach Erledigung der Transportaufgaben in niedrigere Breiten zurücksegeln. Mit Ausnahme der „Fram“, die ihre Resistenz gegen Eispresungen schon unter Beweis gestellt hatte, waren die Expeditionsschiffe lediglich mehr oder weniger eisverstärkte Transportschiffe. Im Zusammenhang mit den Expeditionen von Amundsen, Scott und Mawson (und auch der von Shirase, der aber keine Überwinterung geplant hatte) konnte man mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass dieses Konzept aufgehen würde. Bei der Filchner-Expedition lag die Sache etwas anders. Tatsächlich ist es ja so, dass die Eiskonditionen im Mittel im Weddellmeer viel schwieriger und unberechenbarer sind als im Rossmeer. Im Nachhinein ist leicht zu erkennen dass Filchner diesen Punkt, die Erreichung des Kontinents über eine Route durch das Weddellmeer, viel zu optimistisch beurteilt hat.

³³ Die Tatsache, dass die internationale Kooperation zwischen Wissenschaftlern und Expeditionsleitern auch 1911 meist kollegial und vertrauensvoll war, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass nationalistische Töne im Gegensatz zum Polarjahr 1882/83 deutlicher hörbar waren. Tatsächlich haben schon damals geopolitische Ideen eine Rolle gespielt. Zu diesem Themenkomplex vgl. LUEDTKE (2011), zu den wissenschaftlichen Absprachen LÜDECKE (2003). Zur allgemeinen Entwicklung der internationalen Kooperation in der Polarforschung vgl. KRAUSE (2010 S. 56-64), wo sich auch eine Liste der Expeditionen findet.

³⁴ Dadurch, dass die Publikation erst 1914 erschien, findet man hier auch Anmerkungen zu der verunglückten „Schröder Stranz Expedition“ von 1912/13. Die Zitate des Absatzes stammen aus dem Vorwort zu FILCHNER & SEELHEIM (1911).

³⁵ Erich v. Drygalski hat über mehr als eine Druckseite eine umfassende Charakterisierung Bjørviks gegeben (DRYGALSKI 1904 S. 45). Darin werden dessen Erfahrungen und Fertigkeiten gerühmt, seine Tauglichkeit als Eislotse aber kritisch beurteilt. Auf der „Deutschland“ war Bjørvik ausdrücklich als Matrose gemustert. Dieser Umstand spielte durchaus eine Rolle, da Bjørvik sich infolgedessen nicht als Berater der Schiffsführung verstand. Dazu findet man verschiedene Anmerkungen in BJØRVIK (1913).

³⁶ Die folgenden Angaben wurden nach kritischer Sichtung überwiegend aus FILCHNER 1922, Kapitel 2 und 3 ent-

nommen. Eine tiefergehende, technische Beschreibung des Schiffes, wie sie z.B. im Falle der „Gauss“ existiert, ist nicht bekannt.

³⁷ In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass wegen des schlechten Wirkungsgrades der Dampfmaschinen die Kohlenvorräte nur sehr begrenzte Reichweiten unter Maschine zuließen. Kohlen sparen war also ein ständiges Thema an Bord und führte dazu, dass man nicht nur Robbenspeck, sondern auch Pinguine zur Feuerung der Kessel verwendete (FILCHNER 1922 S. 35). Man beachte, dass Amundsens „Fram“, ein schlechter Segler, mit einem modernen Dieselmotor aus dänischer Produktion ausgerüstet war, wodurch sich die Reichweite des Schiffes unter Maschine gegenüber der einer Dampfmaschine gleicher Leistung deutlich mehr als verdoppelte. Erst durch diese Maschine werden die Fahrleistungen des Schiffes verständlich, das im Südwinter 1911 kurz in Buenos Aires lag und den Hafen nach der „Deutschland“ verließ, um dann wieder in das Rossmeer zu fahren. Wenn die Bunkerkapazität der „Deutschland“ mit 455 t in FILCHNER (1922) richtig angegeben ist, dann hätte der Kohlenvorrat mindestens 40-50 Tage vollen Maschineneinsatz zugelassen, womit sich ein Aktionsradius von über 6000 sm ergibt.

³⁸ BRENNECKE 1921 S. 10, auf S. 13/14 findet man ein Verzeichnis der ozeanographischen Ausrüstung.

³⁹ Kling war im ersten Weltkrieg Erster Offizier auf der „Seeadler“ des Grafen Luckner und gilt in Fachkreisen als der eigentliche Kopf der legendären Aktionen des Hilfskreuzers.

⁴⁰ In ULE (1924 S. 15-118) wird die Seereise bis Pernambuco sehr anschaulich geschildert. Willi Ule war ein Bekannter Filchners, ein Geograf, der sich eingehend mit Limnologie befasst hatte und der von den Methoden der Meeresforschung lernen wollte. Ule hat die „Deutschland“ noch einmal in Buenos Aires getroffen (ULE 1924 S. 283).

⁴¹ In HORNIK & LÜDECKE (2007) findet man Porträts zu einigen der Genannten, die aus dem Filchner-Archiv der Bayrischen Akademie der Wissenschaften in München stammen.

⁴² In FILCHNER (1922 S. 150) heißt es: „Am 30. Dezember wird eine große Volkszählung veranstaltet. Sie ergibt an Bord: 33 Menschen, 1 Katze, 8 Pferde, 75 Hunde ... Summa 117 lebende Wesen.“ Kling hatte am 3. Dezember mit dem Schiff „Harpune“ ursprünglich 12 „aus der Mandschurei stammende Pferde“, die zwischenzeitlich im Zoo in Buenos Aires untergebracht waren, nach Grytviken gebracht (vgl. FILCHNER 1922 S. 129). Offenbar sind also schon ausreisend vier Pferde auf Südgeorgien zurückgelassen worden. Die Zahl der Hunde hatte sich hingegen seit Oktober nahezu verdoppelt.

⁴³ In der in Berlin erscheinenden Zeitung „Tägliche Rundschau“ erschien Ende Juli 1911 unter der Überschrift „Deutsche Südpolar-Expedition“ anlässlich der Verschiffung der Hunde und Pferde mit der „Santa Rita“ ein Artikel, in dem die abenteuerliche Geschichte der Beschaffung der Mandschurei-Ponys ausgebreitet wird.

- ⁴⁴ Dazu vgl. eine wenig einleuchtende Erklärung in FILCHNER (1922 S. 2).
- ⁴⁵ Barkow spricht in seinen Tagebuch davon, dass das Verlassen des Hafens gefilmt wurde. Diese Aufnahmen dürften sehr interessant sein, da sie neben der „Deutschland“ auch die „Fram“ zeigen müssten, die mit der „Deutschland“ zusammengelegt hatte. Die Existenz des Filmes wurde nicht recherchiert. Die „Fram“ war am 14. September in Buenos Aires eingetroffen, wollte aber noch vor der Filchner-Expedition wieder auslaufen. Dazu kam es nicht. Die „Fram“ lief nach der „Deutschland“ aus, überholte diese unter Motor aber schon am 7. Oktober (vgl. FILCHNER 1922 S. 52 auch BARKOW 1911/14; die Meldung wonach die „Fram“ schon einige Tage vor der „Deutschland“ ausgelaufen sein soll, WICHMANN 1911, ist demnach eine Fehlmeldung).
- ⁴⁶ Weitere Details s. BRENNECKE (1921 S. 28). Danach hat die „Deutschland“ vom 22.-31. März 1913 in dem fraglichen Gebiet unter der Leitung von Kapitän Kling, heimreisend nach Europa, neun Lotungen durchgeführt und keinen Hinweis auf eine Untiefe detektieren können; es wurden ausschließlich Tiefen um 5000 m gemessen. In modernen Seekarten, z.B. DHI Nr. 389 (1982) sind in dem entsprechenden Areal keine Untiefen verzeichnet. In der GEBCO-Karte 5.16, die den Südatlantik und das Weddellmeer abdeckt, gibt es einen Northeast Georgia Rise, der in das Georgia Basin hineinragt, wo in Einzelfällen die Wassertiefen bis etwa 1000 m ansteigen. Warum die seinerzeit vermutete Untiefe die Bezeichnung Dinklage-Bank trug, offensichtlich nach dem Abteilungsleiter der Deutschen Seewarte, Ludwig Eduard Dinklage (1837-1903), wurde nicht ermittelt.
- ⁴⁷ Hier lernte Kohl die Tochter des Direktors der Walfangstation kennen, die er später heiratete. Das Paar Kohl-Larsen hat ungewöhnliche Reisen unternommen. Hier nur so viel: 1928 haben die beiden, zusammen mit dem Kameramann Albert Benitz (1904-1979) eine mehrmonatige Forschungstour auf Südgeorgien durchgeführt. Ludwig Kohl-Larsen hat zahlreiche Bücher publiziert.
- ⁴⁸ Filchners Schilderung zu dem Südgeorgien-Aufenthalt ist nicht sehr umfangreich (Ausnahme ist das 20 Seiten lange, detailreiche Walfangkapitel). Bezüglich der Besetzung der alten deutschen IPY-Station von 1882/83 zitiert er aus einem Tagebuch von Przybyllok, das Verfasser nicht bekannt ist. Barkow hat seine Abenteuer in Südgeorgien in einem extra Tagebuch festgehalten; ob dieses noch existiert, ist fraglich, jedenfalls lag auch dieses zur Abfassung des Artikels nicht vor. Unstrittig ist, dass verschiedene geodätische und kartographische Arbeiten und auch geologische Arbeiten durchgeführt wurden (vgl. HEIM 1912). Sicher ist auch, dass der britische Polarheld Sir Ernest Shackleton erste Ergebnisse der Filchner-Expedition kannte. Offensichtlich verfügte er bei seiner legendären Querung Südgeorgiens im Mai 1916 über Kartenmaterial und möglicherweise über geologische Informationen von der deutschen Expedition. Bei WORSLEY (1940/1999) heißt es auf S. 190, „*I had a small piece of the German blueprint chart of South Georgia*“ und auf S. 205, nach dem das Plateau offenbar überschritten war: „*Sir Ernest recognized a remarkable Z-shaped stratification of the great rocky face on the far side of Strömness Bay, and we felt safe. No fear of overshooting our mark now.*“ Dasselbe Erlebnis wird in SHACKLETON (1919) in dem Kapitel „*Across South Georgia*“ (S. 203 in der Robson Books Ausgabe von 1999) wie folgt geschildert: „*The twisted, wave-like rock formations of Husvik Harbour appeared right ahead in the opening of dawn. Without a word we shook hands with one another. To our minds the journey was over, ...*“.
- ⁴⁹ Für die Reise bis Buenos Aires ist das einwandfreie Funktionieren der Funkanlage dokumentiert (ULE 1924, mehrfach, auch KIRSCHMER 1985 S. 34) aber während der weiteren Reise konnten keine Funkverbindungen mehr etabliert werden. Auch nach dem Tod des Funkers versuchte man die Funkanlage zu nutzen, hatte aber nie Erfolg (z.B. am 24.1.1912 vgl. KIRSCHMER 1985 S. 91). Später hat man festgestellt, dass dafür vermutlich die durch Seeschlag verursacht schadhafte „Erdung“ der Anlage Schuld war.
- ⁵⁰ Dieser Umstand erklärt, weshalb Kohl nicht an der Reise in die Antarktis teilnehmen konnte (FILCHNER 1922 S. 134), was einen Verlust für die wissenschaftliche Besetzung der Expedition bedeutete, denn Hans Lohmann hatte Kohl während der viermonatigen Anreise in der Planktonprobennahme ausgebildet und erhoffte sich von diesem eine Fortführung seiner Arbeiten (LOHMANN 1912 S. 5).
- ⁵¹ Dass man über den ursprünglich geplanten Kurs, d.h. mit einem Bogen durch das östliche Weddellmeer via die Küste von Coats-Land schneller sein Ziel erreicht hätte, ist wahrscheinlich, muss aber Spekulation bleiben.
- ⁵² Zu der Entscheidung den Westvorstoß aufzugeben (4.2.1912) vgl. FILCHNER (1922 S. 213), auch KIRSCHMER (1985 S. 76). Die 2. DAE hat den Verlauf des Schelfeises auf eine Distanz von bestenfalls 80 sm verfolgen können. Den Anschluss an die Antarktische Halbinsel herzustellen, das gelang erst Finn Ronne (1899-1980) im Dezember 1947 mit Hilfe eines Flugzeugs.
- ⁵³ Im Bereich westlich der Herzog-Ernst-Bucht, die die Vahsel-Bucht mit einschließt (s. Karte in FILCHNER 1922 S. 198), betrieben russische Forschungsinstitutionen noch 1984 ihre Station „Drushnaja“. Unweit der Stelle, an der Filchner seinerzeit gelandet war, haben die Briten in den Jahren 1956-58 ihre „Shackleton Base“ gehabt (77°58' S, 37°12' W). Verfasser hat hier 1984/85 noch einen Messmast aufgefunden. Von hier war Sir Vivian Fuchs zu seiner Antarktisquerung via Südpol gestartet, 1957/58.
- ⁵⁴ Die folgende Driftreise, die 60 % der Gesamtdauer der Expedition von Buenos Aires bis heimreisend Grytviken ausmacht, nimmt 100 Seiten des Buches FILCHNER (1922, S. 290-390) ein. In diesem Text findet man aber eine Fülle von Details – von der Kommentierung des Bordlebens bis zur Erwähnung meteorologischer Phänomene – die weit mehr aussagen als das, was hier angedeutet werden kann.
- ⁵⁵ 25 sm östlich der Paulet-Insel, die heutzutage gerne von Touristenschiffen angelaufen wird.

- ⁵⁶ Es wurden Nansenschlitten verwendet, an die nur die an Eskimoschlitten üblichen, am hinteren Ende des Schlittens befindlichen senkrechten Bügel zum Steuern, Nachschieben und Festhalten montiert waren, eine Kombination, die, wie in der Bildunterschrift bemerkt, „*sich gut bewährt*“ hat. Eine Karte der zurückgelegten Strecke findet man in FILCHNER (1922 S. 327, 329).
- ⁵⁷ Zu diesen Themen hat sich Filchner u.a. in seinen Tagebüchern ausführlich ausgelassen (vgl. KIRSCHMER 1985). Mitte Juli 1912 war Filchner offenbar intensiv damit befasst, die Fortsetzung der Expedition zu planen (FILCHNER 1922 S. 351).
- ⁵⁸ Es ist bisher lediglich eine Überlieferung eines Besatzungsmitgliedes bekannt: Die Reiseschilderung des norwegischen Matrosen und Eislotsen Paul Bjørvik (BJØRVIK 1913). Bjørvik nimmt darin eine relativ neutrale Stellung ein. Die ihm unverständliche Cliquenwirtschaft an Bord, so schreibt er sinngemäß, hat für die Mannschaftsgrade nur Vorteile, da sich die rivalisierenden Gruppen jeweils um ein gutes Einverständnis mit ihnen bemühen (vgl. auch RACK 2010 S. 204). Am Ende seines Berichtes (BJØRVIK 1913 S. 66) zieht Bjørvik Bilanz: „*Jetzt war diese Reise zu Ende, mir ist es so gut gegangen wie es nur irgend Jemanden gehen kann, und es sind äußerst nette Leute gewesen gegenüber ihren Untergebenen aber ich kann ruhig sagen, dass die Befehlshabenden unfähig für eine solche Reise waren und es ist ein Wunder, dass wir alle gut nach Hause gekommen sind.*“
- ⁵⁹ In KIRSCHMER (1984 S. 113) wird unter dem 17. Oktober 1912 der folgende Eintrag aus Filchners Tagebuch wiedergegeben: „*Nachts schlief ich auf Bank in Zimmer, damit mich v. G. (gemeint ist von Gödel) nicht durch Wand (er/be) schießen kann. Ich hatte zugesperrt und Gewehr und Patronen neben mir.*“ Und am Ende des Eintrages vom gleichen Tag heißt es: „*Schlaf jetzt immer am Boden, Gewehr geladen.*“
- ⁶⁰ Filchner hat später gemutmaßt, dass der Sinneswandel des Kapitäns mit dem Wunsch zusammengehangen haben könnte, in zivilisierten Gebieten die Heilung seines Leidens (Syphilis) zu finden.
- ⁶¹ Betreffend die Musterung s. RACK (2010 S. 163) und dort im Anhang Dokument 8-1; zu Vahsels Krankheitsbild Rack (2010 S. 165). Filchner hat im Zusammenhang mit Vahsels Tod umfangreiche Tagebuchnotizen hinterlassen (KIRSCHMER S. 105-107). Hier findet man nicht nur Filchners „Begräbnisrede“ sondern man erfährt auch, dass v. Goedel ihn darüber unterrichtete, dass Vahsel an Syphilis gelitten hat.
- ⁶² Transkriptionen der handschriftlichen Texte Filchners aus KIRSCHMER (1985 S. 11-14), wo einige Seiten des Ordrebuches wiedergegeben sind. Offensichtlich sind nur wenige Blätter dieses Dokuments erhalten.
- ⁶³ Derartige Dinge – ein Ab- bzw. Einsetzen des Kapitäns durch den Fahrleiter (als Vertreter des Schiffeigners) wären nach heutigen Verträgen allenfalls möglich im Falle eines eklatanten Versagens der Schiffsführung – z.B. wenn der Kapitän wegen einer geistigen Störung seine Aufgaben nicht mehr wahrnehmen kann. Über ein Dokument, das derartige Fälle absicherte, verfügte z.B. Erich von Drygalski auf seiner Antarktisexpedition 1901/03. Wegen der nahezu unbeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten und der Schnelligkeit, mit der man im allgemeinen Häfen erreichen kann, dürften Probleme dieser Art heute kaum noch auftreten. Filchner hat seinerzeit die Ansicht vertreten, er sei als Vertreter des Schiffeigners generell befugt, den Kapitän zu ernennen.
- ⁶⁴ Diese Erwähnung der Duellforderung existiert nur in der Version des Barkow-Tagebuches (BARKOW 1911/14). Offenbar hat die Forderung, sofern sie denn stattgefunden hat, später keine Konsequenzen gezeitigt. Laut Barkow-Tagebuch hatte Müller diese angedroht. Die Kommentare in RACK (2010) beziehen sich ausschließlich auf den Barkow Text.
- ⁶⁵ Im Zusammenhang mit der schwierigen Entscheidung über ein Verlassen des südlichen Weddellmeeres wurde auf Filchners Initiative ein Schiffsrat einberufen (FILCHNER 1922 S. 284). Hier heißt es: „*Der Leiter stellt daher an Kapitän Vahsel nochmals in der Sitzung die Frage, ob vom nautischen Standpunkt aus die Lage hier eine unhaltbare sei, was er bejaht.*“
- ⁶⁶ Die „Deutschland“ war zwar eistauglich und in den Verbänden erheblich verstärkt, aber als Transportschiff konzipiert und hätte gemäß der Planungen außerhalb der Antarktis überwintern sollen. Dieser Umstand wäre selbstverständlich auch in Betracht zu ziehen, wenn man beurteilen wollte, ob Vahsels „Flucht“ vor einer Überwinterung nahe der Schelfeiskante sachlich gerechtfertigt war. Im Text wurde lediglich auf die Sprunghaftigkeit der Entscheidung des Kapitäns hingewiesen, der einmal für und bald darauf gegen eine Überwinterung des Schiffes an dieser exponierten Position plädierte.
- ⁶⁷ Bereits am 31. Januar hatte sich Filchner Zerrungen an einem Bein zugezogen. In den letzten Märztagen 1912 passierte ihm ein weiterer eigenartiger Unfall: „*Ich gleite an Deck aus und stürze aus mehreren Metern Höhe aufs Meereis hinab. Heftige Brustschmerzen und Blutspucken*“ (FILCHNER 1922 S. 304). Dieser Vorfall wird nicht in Filchners Tagebuch reflektiert, wohl aber die merkwürdige Diagnose des Arztes v. Goedel, der an eine Lungenkrankheit denkt, was Filchner sehr beängstigte (KIRSCHMER S. 97).
- ⁶⁸ Über seine Ausbildung und Prüfung zum Flugzeugführer hat Filchner eine anschauliche Schilderung verfasst. Ferner erfährt man, dass er auch „*die Technik des Filmens erlernte.*“ Der Hintergrund der Bemühungen war die Idee, Vermessungen mit Hilfe von Flugzeugen durchzuführen (FILCHNER 1951 S. 141-143).
- ⁶⁹ Für ihre Stellungnahmen zu diesem Thema danke ich Frau Dr. Cornelia Lüdecke und meinen Kollegen Ulrich Wutzke und Reinhard Huxmann.
- ⁷⁰ Hierzu vgl. FILCHNER (1922, S. 238), 18. Kapitel „*Ausbau der Winterstation*“, wo der Vorgang in sieben Karten dargestellt ist.

- ⁷¹ Leider ist weder die Arbeit BARKOW (1924) noch BRENNECKE (1922) mit einem Verzeichnis der Quellen versehen. Die benutzten Arbeiten sind stets in Fußnoten angegeben.
- ⁷² Dieses ist ein schönes Beispiel dafür, wie wichtig es ist, große Unternehmungen gut zu dokumentieren. Die Maler und Fotografen Edward Wilson (1872-1912, der allerdings in erster Linie wegen seiner Qualifikation als Biologe an Bord war) und George Marston (1882-1940) sowie Herbert Pointing (1870-1935) und Frank Hurley (1885-1962) sind fast so berühmt wie ihre Expeditionsleiter Scott und Shackleton. Neben der Qualität der Arbeiten spielt die fachgerechte Archivierung der gefertigten Illustrationen und Fotografien eine wichtige Rolle.
- ⁷³ Die Geschichte der modernen deutschen Polarforschung ist in dem reich bebilderten Buch von FLEISCHMANN (2005) dargestellt. Hier findet man auch eine Abbildung und weitere Angaben zur Filchner-Station (S. 234).

Literatur

- Anonymus* (1911): Denkschrift über die Deutsche Antarktische Expedition – Allgemeiner Plan, Einzelheiten des wissenschaftlichen Programms, Teilnehmer, Ausrüstung, Kostenvoranschlag.- Druckschrift 1-11, Archiv AWI.
- Barkow, E.* (1911/14): Tagebuch geführt auf der deutschen Antarktischen Expedition 1911-12.- unveröffentl. Manuskript, Archiv AWI /Archiv DSM.
- Barkow, E.* (1913): Vorläufiger Bericht über die meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911/12.- Veröffentl. Preuß. Meteorol. Inst. Abhandl. IV, Nr 11: 3-11.
- Barkow, E.* (1924): Die Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen der Deutschen Antarktischen Expedition 1911-1912.- Veröffentl. Preuß. Meteorol. Instituts, Abhandl. VII, Nr. 6: III-X, 1-166.
- Baschin, O.* (1912): Deutschlands Anteil an der Südpolarforschung.- Marine Rundsch., April 1912: 443-455.
- Beck, H.* (1969): Wilhelm Filchner (1877-1957).- Geograph. Taschenb., Steiner Verlag, Wiesbaden, 227-238.
- Beck, H.* (1971): Große Reisende – Entdecker und Erforscher unsererer Welt.- Callwey München, 1-436.
- Bjørvik P.* (1913): Erlebnisse im Nord- und Südmeer.- Übersetzung des handschriftlichen norwegischen Titels: Oplevelser i Nord og Sydishavet av Paul Bjørvik.- NPOLAR Dagbøker, DAG-008, Norsk Polarinstitut, Oslo, 1-66.
- Brennecke, W.* (1921): Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911-1912.- Archiv Deutsche Seewarte 39: 1-216.
- Drygalski, E.* (1904): Zum Kontinent des eisigen Südens.- Georg Reimer, Berlin, 1-668.
- Filchner, W.* (1903): Ritt über den Pamir.- Mittler, Berlin, 1-238.
- Filchner, W. & Seelheim, H.* (1911): Quer durch Spitzbergen.- Mittler, Berlin, 1-147.
- Filchner, W.* (1922): Zum 6. Erdteil.- Ullstein, Berlin, 1-410.
- Filchner, W.* (1928): Wetterleuchten im Osten.- Peter Oestergaard, Berlin: 1-300.
- Filchner, W.* (1930): In China-Auf Asiens Hochsteppen-Im ewigen Eis.- Herder, Freiburg i. Brg., 1-201.
- Filchner, W.* (1951): Ein Forscherleben.- Brockhaus, Wiesbaden 1951: 1-391.
- Filchner, W.* (1957): Wilhelm Filchner, Erich Przybyllok, Toni Hagen; Route-Mapping and position-locating in unexplored regions.- Birkhauser, Basel, 1-288.
- Filchner, W.* (1994): To the Sixth Continent – The Second German South Polar Expedition- translated and edited with an introduction by William Barr.- Bluntisham Books, Norfolk England, 1-253.
- Fleischmann, K.* (2005): Zu den Kältepolen der Erde – 50 Jahre deutsche Polarforschung.- Delius Klasing, Bielefeld, 1-343.
- Fricke, K.* (1898): Antarktis.- Schall & Grund, Berlin: 1-230.
- Headland, R.* (1984): The Island of South Georgia.- Cambridge University Press, Cambridge, 1-293.
- Headland, R.* (2009): A Chronology of Antarctic Exploration.- Quaritch, London, 1-722.
- Heim, F.* (1912): Geologische Beobachtungen über Süd Georgien.- Zeitschr. Ges. f. Erdkunde 1912: 3-8.
- Hornik H. & Lüdecke, C.* (2007): Wilhelm Filchner and Antarctica.- Ber. Polar- und Meeresforschung 560: 52-63.
- Huntford, R.* (1989): Die Amundsen Photographien.- Westermann, Braunschweig, 1-138.
- Kirschmer, G.* (1985): Dokumentation über die Antarktisexpedition 1911/12 von Wilhelm Filchner.- Verlag Bayr. Akad. Wiss., München, 1-120.
- Kneissl, M.* (1957): Wilhelm Filchner zum Gedächtnis.- Z. Vermessungsw., 82./9:1-7.
- Krause, R.A.* (2010): Daten statt Sensationen - der Weg zur internationalen Polarforschung aus einer deutschen Perspektive.- Ber. Polar- und Meeresforschung 609: 1-163, <http://hdl.handle.net/10013/epic.34343.d001>.
- Lohmann, H.* (1912): Untersuchungen über das Pflanzen und Tierleben der Hochsee, zugleich ein Bericht über die biologischen Arbeiten auf der Fahrt der "Deutschland" von Bremerhaven nach Buenos Aires in der Zeit vom 7. Mai bis 7. September 1911.- Mittler, Berlin, 1-92.
- Lüdecke, C.* (1995): Die deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende unter dem Einfluss Erich von Drygalskis.- Ber. Polarforschung 158: 1-340, A1-A72.
- Lüdecke, C.* (2003): Scientific collaboration in Antarctica, 1901-04.- Polar Record 39: 35-48.
- Luedtke B.* (2011): Dividing Antarctica: The work of the Seventh International Geographical Congress in Berlin 1899.- Polarforschung 80: 173-180.
- Mawson, D.* (1921): Leben und Tod am Südpol.- Brockhaus, Leipzig, Bd.I: 1-292. Bd. II, 1-263.
- Müller, J.* (1914): Einiges aus der Geschichte der Südpolarforschung unter besonderer Berücksichtigung der letzten deutschen Antarktischen Expedition und ihrer Navigation.- Blanke, Berlin, 1-81.
- Petermann, A.* (1865): Die Eisverhältnisse in den Polar-Meeren und die Möglichkeit des Vordringens in Schiffen bis zu den höchsten Breiten – Karte der arktischen & antarktischen Regionen zur Übersicht des geographischen Standpunktes im J. 1865, der Meeresströmungen & cc.-Petermanns Geograph. Mitteil., Perthes, Gotha: 136-146.
- Petermann, A.* (1868): Die deutsche Nordpol-Expedition, 1868 – Karte der arktischen & antarktischen Regionen zur Übersicht der Entdeckungsgeschichte.- Petermanns Geograph. Mitteil., Perthes, Gotha: 207-228, Kt. nach S. 232.
- PGM:* Petermanns Geographische Mitteilungen. Gründungstitel gültig von 1855-1878: Mittheilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt über wichtige neue Erforschungen auf dem Gesamtgebiete der Geographie von Dr. A. Petermann. Das Erscheinen der Zeitschrift wurde 2005 eingestellt.
- Phillip, H.* (1914): Ergebnisse der W. Filchnerschen Vorexpedition nach Spitzbergen 1910.-Petermanns Geograph. Mitteil. Ergänzungsheft 179: 1-79, 13 Taf. 2 Kt.
- Przybyllok, E.* (1913): Deutsche Antarktische Expedition. Bericht über die Tätigkeit nach dem Verlassen von Südgeorgien.- Zeitschr. Ges. für Erdkunde Berlin, 1-17.
- Przybyllok, E.* (1933): Erdmagnetische Messungen während der Deutschen Antarktischen Expedition.- Schriften Königsberger Gelehrten Ges., 9. Jg. Naturwiss. Klasse, Heft 6: 119-137.
- Rack, U.* (2010): Sozialhistorische Studie zur Polarforschung anhand von deutschen und österreichisch-ungarischen Polarexpeditionen zwischen 1868-1939.- Ber. Polar- und Meeresforschung 618: 1-274, <http://hdl.handle.net/10013/epic.35941.d001>.
- Reader's Digest* (Hrsg) (1991): Antarctica – the Extraordinary History of Man's Conquest of the Frozen Continent.- Sydney, London etc., 1-320.
- Shackleton, E.* (1919): Sir Ernest Shackleton: South, Heinemann, London 1919 (benutzt wurde der Nachdruck von 1999), 1-380.
- Ule, W.* (1924), Quer durch Südamerika.- Quitzow, Lübeck 1924, 1-354.
- Weddell, J.* (1827): Reise in das südliche Polarmeer in den Jahren 1822 bis 1824, enthaltend die Erforschung des antarktischen Eismeres bis zum 74° der Breite, nebst einem Besuch des Feuerlandes, und einer Beschreibung seiner Bewohner.- Landes-Industrie-Comptoir, Weimar, 1-142.
- Wichman, H.* (1912): Geographischer Monatsbericht, Südpolarfahrten.- Petermanns Geograph. Mitteil. 1911/2: 344.
- Wichman, H.* (1913): Der Stand der Südpolarforschung.- Petermanns Geograph. Mitteil. 1913,1: 57-59 und Tafel 21 und 13.
- Wegener, E.* (1960): Alfred Wegener – Tagebücher, Briefe, Erinnerungen.- Brockhaus, Wiesbaden, 1-262.
- Worsley, F.A.* (1940): Shackleton's boat journey.- Hodder & Stoughton, London 1940 (benutzt wurde der Nachdruck von 1999), 1-220.

In Memoriam Günter Skeib

von Diedrich Fritzsche, Hartwig Gernandt und Thomas Foken

Am 12. April 2012 verstarb der Meteorologe und Polarforscher Dr. Günter Skeib – Ehrenmitglied der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft – nach kurzer schwerer Krankheit im Alter von 92 Jahren in Potsdam. Er hinterließ seine Frau Gisela mit der er in den 1950er Jahren gemeinsam forschte, zwei Kinder und fünf Enkel. Seine wissenschaftlichen Leistungen fanden ungeteilte Aufmerksamkeit und Anerkennung in beiden Teilen Deutschlands, u.a. durch die Auszeichnung mit dem Vaterländischen Verdienstordens der DDR in Bronze (1961) und die erste Verleihung des Preises für Polarmeteorologie der Alfred-Wegener-Stiftung 1987 in Köln. Durch solide wissenschaftliche Arbeit und persönliche Ausstrahlung war es ihm vergönnt, eine allseits geachtete Stellung einzunehmen, so dass auch die 1991 wiedervereinigte Deutsche Meteorologische Gesellschaft seine seit 1989 bestehende Ehrenmitgliedschaft übernommen hat.

Günter Skeib wurde 1919 in Berlin geboren, beendete 1943 sein Meteorologie-Studium in Wien und begann seine berufliche Laufbahn 1946 am damaligen Meteorologischen Hauptobservatorium in Potsdam, in welchem er ab 1951 Abteilungsleiter war und von 1955 bis 1975 diese Einrichtung leitete. Bei Prof. Hans Ertel an der Humboldt-Universität zu Berlin promovierte er 1952 mit einer Arbeit Modellversuche zur monsonalen Zirkulation. Seine ganze wissenschaftliche Laufbahn war aber durch vorwiegend experimentelle Untersuchungen zum bodennahen Wärmehaushalt gekennzeichnet.

Das *Internationale Geophysikalische Jahr* 1957/58 war ein Wendepunkt in der internationalen Zusammenarbeit und eröffnete auch für deutsche Wissenschaftler neue Möglichkeiten. Für Günter Skeib begann damit auch die wissenschaftlich wohl interessanteste und erfolgreichste Phase seines Lebens. Es begann mit der ersten Ausfahrt an Bord des sowjetischen Forschungsschiffes „Michael Lomonossov“ in den Nordatlantik und einem Bergtraining in den Öztaler Alpen. Er leitete danach die meteorologische Arbeitsgruppe im Rahmen einer glaziologischen Expedition der Kasachischen Akademie der Wissenschaften die auf dem zentralen Tjuksu-Gletscher im Tien-Schan-Gebirge, exakt 30 Jahre nach der ersten deutschen Pamir-Expedition 1928 arbeitete. Diese Expedition lieferte auch für heutige Zeiten noch in beeindruckender Weise Daten zum Wasser- und Wärmehaushalt des Gletschers.

Unmittelbar danach war er Leiter der ersten deutschen Expeditionsgruppe, die im Rahmen der 5. Sowjetischen Antarktisexpedition (SAE) an der Station „Mirny“ überwinterte und auch ein Außenlager für meteorologische und Strahlungsmessungen auf der Drygalski-Insel einrichtete und betrieb. An der Station „Mirny“ führte diese Gruppe neben dem meteorologischen Programm erste Messungen des Gesamtzongehaltes in der Atmosphäre durch. 15 Jahre später leitet er nochmals eine ostdeutsche Forschergruppe, die im Sommer 1974/75 im



Rahmen der 20. SAE bioklimatologische Untersuchungen durchführte.

Hervorzuheben sind seine wissenschaftlich-organisatorischen Leistungen für zahlreiche Hochgebirgs- und Polarexpeditionen. Nach seiner Überwinterung an der Station „Mirny“ in der Antarktis wurde ihm von 1961 bis 1973 die Leitung des neu eingerichteten Referats für Expeditionen beim Nationalkomitee für Geodäsie und Geophysik übertragen. Dieses Komitee koordinierte in den folgenden Jahren unter anderem alle Expeditionen ostdeutscher Forschergruppen in die Antarktis und nach Spitzbergen. Aus diesem Anfang entwickelte sich das Koordinationszentrum für Polarforschung auf dem Telegrafenberg, welches 1976 für den Bau und den Forschungsbetrieb der ersten deutschen, permanent besetzten Forschungsbasis, der späteren Georg-Forster-Station in der Antarktis zuständig war, und das heute als Forschungsstelle des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) fortbesteht.

Bemerkenswert ist seine publizistische Tätigkeit. Seine ca. 30 wissenschaftlichen Veröffentlichungen sind grundlegende Beiträge zu den traditionsreichen Potsdamer Forschungen zur atmosphärischen Turbulenz- und Strahlungsbilanzmessungen unter anderem auch mit von ihm neu entwickelten Geräten. Erst Mitte der 80er Jahre begann man in der Antarktis intensiv mit Turbulenz- und Wärmehaushaltsmessungen. Ein Schwerpunkt der Publikationen lag auf populärwissenschaftlichem

Gebiet. Vier Bücher, z.T. auch im Westen Deutschlands erschienen, etwa 50 Publikationen und zahlreiche öffentliche Vorträge haben die Notwendigkeit der Antarktisforschung und Expeditionen in Hochgebirgen einem weiten Bevölkerungskreis nahe gebracht.

Dr. Günter Skeib gehört zu den Pionieren der deutschen Polarforschung. 1959 waren er und seine Mitarbeiter die ersten Deutschen, die nach dem 2. Weltkrieg die Antarktisforschung

wieder aufgenommen haben. Skeib knüpfte an die früheren Arbeiten Potsdamer Wissenschaftler an und setzte zum Beispiel die von Erich Barkow, dem Meteorologen der von Wilhelm Filchner geleiteten Zweiten Deutschen Antarktisexpedition 1911/12, begonnenen Untersuchungen der atmosphärischen Turbulenz fort. Mit seinen herausragenden wissenschaftlichen Leistungen und seiner Persönlichkeit ist Günter Skeib einer der Wegbereiter für die heute international hoch anerkannte deutsche Polarforschung.

– Students on Ice – Bericht von einer Schüler-Exkursion in die Arktis von Reykjavik (Island) nach Kuujjaq (Nunavik, Kanada)

von Inga May¹

“Students on Ice“ ist ein internationales Programm, das es Schülern aus der ganzen Welt ermöglicht, auf einmaligen Lernexkursionen in die Arktis und/oder in die Antarktis zu reisen. Es ist ein bisher beispielloses Vorhaben, das Schülern die einzigartige Chance bietet, während sie auf modernen eisgehenden Schiffen ihrem Ziel entgegen fahren, an Vorlesungen und Projektarbeiten teilzunehmen und unvergessliche Erfahrungen bei praktischen Aktivitäten in der Natur zu sammeln. Ziel des Programmes ist es, jungen Menschen in den Jahren ihres Heranwachsens die Bedeutung der Polargebiete aufzuzeigen und die Auswirkungen zu verdeutlichen, die ein wenig umsichtiges Umgehen mit der Natur mit sich bringt. Darüber hinaus soll durch das Arbeiten in kleinen Gruppen und die Teilnahme an interdisziplinären Projektarbeiten die Teamfähigkeit der Schüler gefördert werden, ihr Selbstbewusstsein gestärkt und Führungseigenschaften gebildet werden. Die Unterrichtseinheiten haben ihren Schwerpunkt in Umweltwissenschaften, wobei jedes Gebiet von ausgewiesenen Experten im jeweiligen Themenfeld geleitet wird. Das Lehrer-Team der Exkursion setzt sich demnach immer aus einer Vielzahl an Wissenschaftlern aus den Bereichen Biologie, Geologie, Ozeanologie, Klimatologie und Glaziologie zusammen. Mit im Team sind aber auch Ethnologen, Journalisten und Politiker, die mit den Schülern die soziökonomischen Aspekte der Region besprechen und ihnen helfen, die Reise zu verarbeiten und richtig in Worte zu fassen, um das Erlebte in ihren Heimorten und Schulen wiederzugeben. Ein wichtiger Bestandteil ist auch der künstlerische Gesichtspunkt: Zum Einen wird hier in die Kunst der Inuit eingeführt zum Anderen haben hier die Teilnehmer die Möglichkeit, ihre Fähigkeiten im z.B. Fotografieren oder Malen zu entdecken.

Finanziert wird “Students on Ice“ in erster Linie durch Unterstützung privater Personen oder größerer (vor allem) kanadischer Unternehmen. In einigen Ländern werden Stipendien für ein oder zwei herausragende Schüler pro Jahr angeboten, die anschließend in ihren Gemeinden, zum Beispiel zu Interviews eingeladen werden, Artikel für die Lokalpresse schreiben müssen oder anderweitig ihre Erfahrungen an weitere Personengruppen weitergeben sollen.

“Students on Ice“ feierte 2010 sein 10jähriges Jubiläum und hat bisher über 1500 internationale Schüler für die sensiblen ökologischen Zusammenhänge der Polargebiete und die Auswirkungen auf unsere Zukunft begeistert.

Im Sommer 2011 bekam Inga May – durch ihre Aktivitäten während des Internationalen Polar Jahres (IPY), insbesondere in der Organisation APECS (Association of Polar Early Career Scientists) für junge Polarwissenschaftler – die Möglichkeit, im Lehrer Team der Exkursionsgruppe teilzunehmen, was finanziell durch die Deutsche Gesellschaft für Polarforschung (DGP) unterstützt wurde. Ihre Aufgabe dabei war es, den Schülern die Grundlagen der Gletscherkunde näher zu bringen, sie mit dem ganz besonderen arktischen Ökosystem vertraut zu machen, und sie für Probleme des Klimawandels und der Umweltverschmutzung zu sensibilisieren.

Das Programm bestand dabei aus drei Einheiten: Vorträge in Form von anschaulichen Präsentationen während der Zeit auf dem Schiff, Experimente an Bord, sowie praktische Versuche an Land. Darüber hinaus wurden die Landgänge natürlich auch dafür genutzt, Beispiele für Gletscher, den glazialen Formenschatz und Permafrost zu zeigen.

Start der Arktis-Exkursion war am 23. Juli 2011 in Toronto wo sich der Großteil der Gruppe traf, um von dort aus nach Reykjavik, Island, zu fliegen. Von der kleinen Hafenstadt Husavik aus ging es an Bord der “Clipper Adventurer“ weiter mit Kurs Nordwest an die Ostküste Grönlands. Mit an Bord waren 73 Schüler und 48 Betreuer aus 13 verschiedenen Nationen, in der Mehrzahl aus den Vereinigten Staaten und Kanada; aber auch Europa war mit Grönland, Island, Monaco, UK, Belgien und Deutschland vertreten, und aus Asien waren Schüler aus Südkorea, dem Vietnam, China und Russland dabei. Aus Kanada und Grönland waren außerdem 30 der Teilnehmer Inuit.



¹ International Permafrost Association Secretariat, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Telegrafenberg A43, D-Potsdam 14473; <Inga.May@awi.de>

Zwei unruhige Tage auf See, begleitet von Übelkeit und Kälte, trübten nur wenig die Vorfriede auf die größte Insel der Erde. Und mit vielen verschiedenen Projekten und interessanten Präsentationen wurde die Zeit leicht überbrückt. Zum Thema Glaziologie und Permafrost wurden im Labor des Schiffes Experimente durchgeführt, die das Ansteigen des Meeresspiegels in Zusammenhang mit dem Schmelzen des Meer- und Gletschereises anschaulich demonstrierten. Hierzu wurden z.B. Eiswürfel in kleine Becken mit Steinen gelegt, welche den Kontinent darstellen sollten. Während des langsamen Auftauens des Eises wurde die Temperatur kontinuierlich gemessen und der Wasserstand in dem Becken an einer Skala abgelesen. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen Wasserstand und Temperaturanstieg graphisch dargestellt und diskutiert.

Auch zum Thema Albedo wurden Versuche durchgeführt um zu zeigen wie stark sich eine abschmelzende Schnee- oder Eiskecke auf eine Region auswirkt und welche Konsequenzen eine solche Veränderung auf den Energie- und Wärmehaushalt der Arktis hat. Anhand von Modellen wurden die Folgen eines abtauenden Permafrostes auf die Infrastruktur verdeutlicht und die sich daraus ergebenden Probleme für Bevölkerung und Ökosystem diskutiert. Gemeinsam wurde erarbeitet, in welchen Bereichen der Arktis ein Ansteigen der Lufttemperatur zu derartigen Folgen führt, welche Regionen darunter am meisten zu leiden haben werden und wie man eventuell dagegen angehen kann. Viele der anfänglich auf das jeweilige Experiment bezogenen Diskussionen, führten im Verlauf des Gesprächs zu interessanten und tiefgründigen Verständnisfragen zum Thema Energiehaushalt und Wasserkreislauf der Erde.

Nach zwei Tagen auf See sollte dann endlich wieder Land in Sicht kommen und die meisten Exkursionsteilnehmer befanden sich an Deck, um die ersten Umriss der grönländischen Berge zu entdecken. Leider machten Wetter und Eis es unmöglich, näher an das Festland zu heranzufahren. Dichter Nebel und Packeis versperrten die Sicht, und so wurde entschieden, parallel zur Küste Richtung Süden zu fahren bis zur Besserung der Eis- und Sichtverhältnisse.

Schließlich war es aber doch soweit: Aus dem Nebel stachen die ersten Gipfel hervor und mit jeder Minute wurden die Umriss deutlicher. Schon für den frühen Nachmittag stand der erste Landgang in einem kleinen Fjord auf dem Programm, wo mehrere Gletscherzungen als ideale Lehrbeispiele dienten. Mit einfachen Instrumenten wurden Reflexionseigenschaften und Abfluss des Gletschers gemessen und die Gelegenheit genutzt, den Schülern die grundlegenden Eigenschaften der Gletscher zu erklären und ihre Entwicklung in den letzten Jahrzehnten zu beschreiben.

Ein weiterer Stopp auf Grönland war die Inuitstadt Nanortalik auf 60° nördlicher Breite, die somit die südlichste Stadt Grönlands und mit ihren 1450 Einwohnern die zehntgrößte Stadt Grönlands ist. „Nanortalik“ ist Inuktitut und bedeutet in der Sprache der Einheimischen „Land der Eisbären“, da diese hier in der Regel vermehrt anzutreffen sind; bei unserem Besuch wurden allerdings keine Bären gesichtet. Dafür hatten die Einwohner ein großes Spektakel vorbereitet, bei dem sie traditionelle Gebräuche der Inuitkultur vorstellten. Höhepunkt hierbei war eine Vorführung der weltbesten Kajakfahrer in

ihren traditionellen Booten aus Robbenhaut und Holz. Im Zusammenhang mit dem Besuch in Nanortalik wurden auch viele der historischen und sozioökonomischen Aspekte der dort lebenden Inuit behandelt. Im Dialog mit der Bevölkerung wurde recht deutlich wie groß der Unterschied zwischen der ursprünglicher Lebensform der Inuit und der westlichen Welt ist, und welche Probleme vor allem für die Jugendlichen entstehen, die versuchen, diesen Spagat zu meistern. Durch die modernen Medien, wie Fernsehen und Internet, wird ihnen ein Leben vorgelebt, welches sie in ihrer Heimat nur ansatzweise finden. Der unerfüllte Wunsch, dieses scheinbar bessere Leben zu führen, führt bei vielen jungen Menschen zu Depressionen und nicht zuletzt in den Missbrauch von Alkohol und Drogen. Hinzu kommt, dass der Einzug neuer Technologien viele altgewohnte Arbeiten überflüssig macht und so zu einer hohen Arbeitslosigkeit und in der Folge zu Resignation führt. In der Diskussion wurden allerdings auch Erfolg versprechende Projekte angesprochen, die es schaffen könnten, die jugendlichen Inuit aufzufangen, ihnen die alten Werte wieder neu zu vermitteln und ihnen Chancen und Möglichkeiten aufzeigen, sich in der modernen Welt zurecht zu finden und davon zu profitieren.

Schließlich ging die Reise weiter Richtung Westen, an die Küste Labradors in Kanada – hier wurde dann auch endlich der erste Eisbär gesichtet, schon bald der zweite und der



dritte. Am Ende des Tages konnten über 13 Eisbären aus sicherer Entfernung beobachtet werden. Die Biologen an Bord erläuterten der Gruppe das Jagdverhalten der Bären und machte sie mit den Sicherheitsvorschriften im „Eisbärenland“ vertraut. Nach einem weiteren Landgang im Saglekfjord des „Torngat Mountains National Park“, machte sich das Schiff auf den letzten Abschnitt der Reise, nach Norden zur Stadt Kuujuaq in Nunavik, Nord-Quebec, von wo die Gruppe mit einer Chartermaschine der „First Air“ wieder nach Süden, zurück nach Toronto flog.

Die Exkursion war in jeglicher Hinsicht ein voller Erfolg, sowohl für die Jugendlichen als auch für die Teilnehmer des Lehrer-Teams. So konnte auch Inga May ihr eigenes Wissen über die Arktis und die Kryosphäre nicht nur weitergeben und ihre Begeisterung dafür mit den Jugendlichen teilen, sondern auch ihren eigenen Horizont erweitern. Die Zusammenarbeit in dem interdisziplinären Team bot ausgezeichnete Möglichkeiten, sich über benachbarte Themengebiete zu informieren und sich in vielerlei Hinsicht weiterzubilden.

Schüler forschen im Hohen Norden: Untersuchungen in der Region Troms in Nordnorwegen

von Heinz Kiko¹, Torsten Nitsch², Karl-Dieter Meier³ und Dietbert Thannheiser⁴

Auf ungewöhnliche Weise begann für 25 Schülerinnen und Schüler des Heinrich-Heine-Gymnasiums in Dortmund und des Marien-Gymnasiums in Werl das Schuljahr 2011/12. Am 05. September 2011 vormittags startete ein Flieger in Düsseldorf und bereits gegen 17 Uhr am Nachmittag wurden auf dem Campingplatz Tromsdalen in Tromsø in Nordnorwegen Gepäck und Arbeitsgerät zu den Hütten geschleppt. Acht volle Tage mit einem dichten Programm standen nun unter dem Motto *Schüler forschen im Hohen Norden*. Dabei basierten die Schwerpunkte der Untersuchungen auf den Erfahrungen und Fragen einer ersten Forschungsreise in die Region Troms im August 2008 (KIKO & NITSCH 2009).

Die Probenahmen für die Untersuchungen fanden im Rahmen von fünf Exkursionen statt. Zwei ganztägige Bustouren gingen nach Westen, nach Sommarøy/Straumhella und Lyfjord/Skulsfjord. Eine Bootstour mit dem ehemaligen Rettungsschiff „Biskop Hvoslef“ ging in den Tromsø-Sund und in den Balsfjord. Die sicher spektakulärste Exkursion war die Fahrt mit Bus und Fähre zur Nordhälfte der Lyngen-Halbinsel östlich von Tromsø. Die mehrstündige Wanderung an der Nordseite des Strupskardelva über weite Schotterflächen zum Gletschersee Blåvatnet tief unter dem Lenangsbre war der Höhepunkt an diesem Tag. Vier „Forschungsprojekte“ standen bei den Exkursionen im Mittelpunkt.

Pflanzen als Ausreißer (Projekt 1)

Bei pflanzensoziologischen Untersuchungen im Jahr 2008 am Strand von Sommarøy, einer etwa 40 km westlich von Tromsø gelegenen Insel, fanden sich in den Probenquadraten nach der Auswertung der Daten insgesamt sieben Ausreißerpflanzen, die nach den gegebenen Bodenqualitäten eigentlich nicht dort hätten vorkommen sollen.

Fünf der Pflanzenarten wurden im September 2011 erneut gefunden; für eine sechste Art wurde klar, dass 2008 eine Fehlbestimmung erfolgt war. Nun erfolgte die Beprobung der Standorte mit einem Pürckhauer-Erdbohrstock. Eine erste Bewertung der Bodenprofile nach dem Augenschein ließ bereits erkennen, dass keine kleinräumig unterschiedliche Bodenbeschaffenheit die Ursache für die Ausreißer sein konnte. Der Boden der Strandwiese wies ein einfaches Profil auf. Unter der Pflanzendecke fand sich in der Nähe zum



Abb 1: Die Gruppe aus Dortmund und Werl auf der Arktisch-alpinen Windheide an der Nordflanke des Storsteinen oberhalb von Tromsø.

Strand eine sehr dünne Humusschicht, die in 100 m Entfernung zur Strandlinie bis zu 20 cm mächtig wurde. Unter der Humusschicht fand sich an allen Probenorten bis in 1 m Tiefe eine grobkörnige Kalkschicht aus Molluskenschalen und Rotalgenresten. Es war das gleiche Material, das jetzt den offenen Strand bedeckte. Die konkrete Auswertung der Bodenproben in Deutschland bestätigte, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Wuchsort der Ausreißerpflanzen und der Parallelprobe vorlagen. Zwar ergaben sich durchaus Schwankungen im Chlorid-, Nitrat- und Phosphatgehalt, jedoch waren diese Schwankungen zufällig und zeigten keine Korrelation zu den Probenorten oder Pflanzenarten. Die Ursache für das Auftreten der Ausreißer-Pflanzen ist daher wahrscheinlich die Einschleppung durch Vögel oder verursacht durch den Menschen. Im Untersuchungsgebiet fanden sich zahlreiche Spuren eines sehr aktiven Vogelgelebens. Auf „Warten“ – also an erhöhten Gelände-Punkten – waren Spuren der Vögel sehr zahlreich und führten sogar dazu, dass in der nahen Umgebung das Pflanzenwachstum deutlich stärker ausgeprägt war.

Ein unerwartetes Ergebnis brachte später der Vergleich mit Bodenproben von Ackerflächen im heimischen Westfalen. Erwartungsgemäß waren die Gehalte an Nitrat und Phosphat deutlich höher und lagen bei fünf- bis zwanzigfach höheren Werten. Unerwartet jedoch waren deutlich höhere Chlorid-Werte in Westfalen, denn die Probenorte in Sommarøy liegen nicht weiter als 100 m vom offenen Meer entfernt.

¹ Marien-Gymnasium, Am Breilsgraben 2, D-59457 Werl.

² Heinrich-Heine Gymnasium, Dörwerstr. 34, D-44359 Dortmund.

³ Otsontie 1, SF-95989 Ylläsjärvi, Finnland.

⁴ Universität Hamburg, Institut für Geographie, Bundesstr. 55, D-20146 Hamburg.

?*Tigriopus brevicornis*? – Artbestimmung über DNA-Sequenzierung (Projekt 2)

In Gezeitentümpeln am Strand von Sommarøy und bei Straumhella fanden wir 2008 einen Copepoden, der sich durch eine enorme Salztoleranz auszeichnete. Eine Bestimmung der Art konnte damals nicht sicher durchgeführt werden. Daher galt es neue Proben zu erhalten, die über die Isolierung, Amplifizierung und Sequenzierung der DNA eine exakte Artbestimmung ermöglichen sollte. An beiden Standorten konnten die Copepoden wieder gefunden werden. Für die Probenbearbeitung wurden die Kleinkrebse fixiert und gleich in Tromsø mikroskopisch untersucht, was bestätigte, dass wir erneut die gleiche Art vor uns hatten. Die weitere Aufarbeitung zur DNA geschah zuhause, wo dann die Analyse der DNA-Sequenz zeigte, dass es sich eindeutig um *Tigriopus brevicornis* handelt.

T. brevicornis ist der dominierende Wirbellose in den Felstümpeln am Meer im Nordatlantik und zeigt eine extreme Überlebens-Toleranz in den Temperatur-Grenzen von -17 bis +35 °C und im Salz-Gehalt von 0 bis 30 (PSU) im Umgebungswasser. *Tigriopus*-Arten kommen weltweit vor, von polaren bis tropischen Klimaten, wobei die Verbreitung auf höher gelegene Gezeiten- oder Spritzwasser-Tümpel eingeschränkt ist. Sechs *Tigriopus*-Arten gibt es auf der Nordhalbkugel, jedoch immer nur eine Art an einem Standort (nach DAMGAARD & DAVENPORT 1994, MCALLEN & BLOCK 1997)

Neuere Veröffentlichungen (RAISUDDIN et al. 2007 sowie HANDSCHUMACHER et al. 2010) haben diesen kleinen Krebs zum Thema. Dabei geht es bei Handschumacher um Fragestellungen zur Phylogeographie von *T. brevicornis* im Nord-Atlantik im Vergleich zu Ergebnissen für *T. californicus* an der Westküste Nordamerikas. Vielleicht lassen sich unsere Proben im Rahmen dieser Untersuchungen nutzen, denn die von uns beprobten Standorte stellen die bisher nördlichsten und östlichsten Fundorte im Nord-Atlantik dar. Wahrscheinlich sind die Standorte nicht so zahlreich, wie man denken könnte: Während der weiteren Exkursionen haben wir auf Ringvassøya in der Umgebung von Lyfjord und Skulsfjord sowie auf dem Nordteil der Lyngen-Halbinsel zwischen Svensby und Jægervatnet vergeblich nach weiteren Vorkommen dieser Krebse gesucht.

Tolerante und intolerante Kleinkrebse (Projekt 3)

Neben *Tigriopus* fanden wir 2008 auch Daphnien in einem höher gelegenen Felstümpel auf Sommarøy. Die Salztoleranz-Untersuchung zeigte, dass diese Krebse nur in Süßwasser überleben können. Nun galt es auch Copepoden aus dem freien Meer auf ihre Salztoleranz zu untersuchen. Dazu wurden bei einer Schiffstour Proben mit Planktonnetzen im Balsfjord und vor Straumhella im Tromsø-Sund genommen. In den Proben konnte *Calanus finmarchicus* als dominierende Copepoden-Art bestimmt werden. Die Salztoleranz-Untersuchung dieser Art ergab, dass *C. finmarchicus* nur im normalen Meerwasser-Gehalt überleben kann. Bereits recht geringe Abweichungen lassen die Krebse nach wenigen Minuten absterben.

In der Gesamtschau unserer Untersuchungen zu den Klein-

krebsen zeigen sich nun einfache und doch bemerkenswerte ökologische Tatsachen. Über einen Zeitraum vom Juli 2007 bis zum September 2011, also über fünf Sommer, fanden sich an den genannten Probenorten die Kleinkrebse der Gattungen *Calanus*, *Daphnia* und *Tigriopus*, bei einer räumlichen Distanz der Fundorte von maximal 150 Metern. Die Untersuchungsergebnisse auf die Salztoleranz dieser Kleinstlebewesen sind dabei eindeutig: *Calanus* ist stenohalin für den Salzgehalt von Meerwasser, *Daphnia* stenohalin für Süßwasser und *Tigriopus* extrem eurohalin (mit Toleranzgrenzen von 3 bis 85 (PSU) bei den eigenen Untersuchungen).

Einstämmige und mehrstämmige Fjellbirken als mögliche Klimaindikatoren (Projekt 4)

In Nord-Skandinavien bildet die Moorbirke/Fjellbirke *Betula pubescens* die Waldgrenze. Historische Quellen ab 1901 (ALM 1988) zeigen, dass die systematische Einordnung der Moorbirke/Fjellbirke in der Region Troms unklar ist. So kommt es offensichtlich auch zu Hybriden mit der Zwergbirke *Betula nana*. WEHBERG (2007) bringt Hinweise darauf, dass einstämmige Fjellbirken eher dem ozeanischen Klima, vielstämmige Birken eher dem kontinentalen Klima zuzurechnen sind. Die Ursachen für diese Charakteristik sind allerdings nach WEHBERG (2007) und weiteren Literatur-Recherchen unklar: Gibt es tatsächlich klimabedingte Unterarten, handelt es sich bei den vielstämmigen Birken um Bastarde zwischen der Moorbirke und der Zwergbirke oder sind die verschiedenen Erscheinungsformen lediglich modifikatorische Anpassungen?

Für die Untersuchung wurden bei den Exkursionen an vier Orten mit unterschiedlichem Klimaregime Birkenblätter der verschiedenen Erscheinungsformen von *Betula pubescens* sowie von *Betula nana* gesammelt. Die einzelnen Pflanzen und ihre Blätter wurden fotografiert sowie die Probenorte mit GPS-Daten erfasst. Die Ergebnisse der genetischen Untersuchung (nach CHEN et al. 1999) nach Isolation, Amplifizierung und Sequenzierung der DNA von 24 Proben (8 einstämmige und 9 vielstämmige Fjellbirken, 7 Zwergbirken) sind sehr eindeutig: Im amplifizierten und sequenzierten DNA-Abschnitt (ITS-1 Region mit Teilbereichen der flankierenden codierenden DNA-Abschnitte für ribosomale RNA-Moleküle) mit einer Gesamtlänge von etwa 650 Basen gibt es keine signifikanten oder den Wuchsformen zuzuordnenden Sequenz-Unterschiede. Das überrascht natürlich, denn *B. pubescens* und *B. nana* sollten ja zumindest unterschiedliche Daten liefern, und wir waren uns sicher auch eine hybride Form *B. pubescens x nana* gesammelt zu haben.

Deutlich wird an diesem Beispiel, dass wissenschaftliche Untersuchungen keine voraussagbaren Ergebnisse liefern. Besonders erfreulich war, dass Schüler an diesem Prozess aktiv beteiligt waren, alle Schritte mitgegangen sind und auch die Untersuchungsmethodik funktioniert hat. Alle Birkenproben konnten im ersten Anlauf bis hin zur DNA-Sequenzierung erfolgreich bearbeitet werden. Und das Ergebnis ist eindeutig: Die verschiedenen Formen der Fjellbirke lassen sich mit der genetischen Analyse des gewählten DNA-Abschnittes nicht als Indikatoren für klimabedingte Veränderungen nutzen.

Ergänzend mögen dazu Ergebnisse von Untersuchungen zur Wanderung der Baumgrenze in der Region Abisko in Nordschweden angefügt sein. Konkret zur Fjellbirke berichten HOLMGREN & TJUS 1996 als Schlussfolgerung ihrer Untersuchungen: „*The reason is that 50 yr mean anomalies of summer temperatures may be too small to induce significant altitudinal movements*“. Sie hatten durch Analyse historischer Daten festgestellt, dass die Wanderung der Waldgrenze trotz einer Erhöhung der Sommer-Durchschnitts-Temperatur von 1,5 °C im Zeitraum vom Ende 19. Jahrhunderts bis in die dreißiger Jahre des 20. Jahrhunderts überraschend gering geblieben ist.

Moore in der Region Troms

Die Eiszeiten haben in Nord-Skandinavien auf vielfältige Weise ihre Spuren hinterlassen. In der meist noch unberührten Natur bietet sich die Möglichkeit, die formenden Kräfte während der Eiszeiten und den Klimawandel nach der letzten Eiszeit vor 10.000 Jahren anschaulich zu sehen und zu verstehen. Diese Aspekte waren ebenfalls Hauptthemen während der Exkursionen. Dabei war es eine besondere Freude, dass uns mit Dr. Karl-Dieter Meier (Ylläsjärvi, Finnland) und Prof. Dr. Dietbert Thannheiser (Hamburg/Münster) Wissenschaftler direkt vor Ort betreuen und begleiten konnten. Die Exkursionen nach Lyfjord/Skulsfjord auf Ringvassøya und zum Sørleangsbotn/Nordlyngen wurden mit ihnen geplant und von ihnen geleitet. Moore und Frost-Indikatoren waren wichtige Inhalte bei diesen Exkursionen.

Die Nordwestküste Norwegens wird von Decken-Hochmooren eingenommen. Hierbei handelt es sich um terrainbedeckende Moore, die allenfalls einen schwach aufgewölbten Moorkörper zeigen. Diese ombrogenen Moore sind in der Wasserversorgung auf Niederschläge angewiesen und daher sehr nährstoffarm und sauer. Hochmoore haben sich seit dem Atlantikum in den letzten 5000 Jahren wegen des klimatischen Niederschlagsüberschusses (gegenüber Verdunstung und Oberflächenabfluss) entwickeln können. Regionale Hydrologie, Temperaturen und Geländeformen bestimmen die Oberflächengestalt dieser Küstenmoore.

Die meisten Decken-Hochmoore haben sich auf den flachen Küstenterrassen entwickelt, die während der letzten 10.000 Jahre isostatisch aus dem Meer auftauchten. Es handelt sich um relative kleine Moore von einigen Hektar Größe, aber sie sind zahlreich und oft in Westexposition anzutreffen.

Für die Bildung der Regenmoore sind die Torfmoose (*Sphagnum*-Arten) verantwortlich. Diese Torfmoose können sich mit Wasser voll saugen und geben es dann nur sehr langsam wieder ab; sie wirken wie ein Schwamm. Das Wasser dringt in die Pflanzenzellen ein und wird zwischen den Pflanzen gespeichert. Im Hochmoor stehen Millionen solcher Pflanzen nebeneinander und man kann solch ein Hochmoor als ein großes Moospolster bezeichnen. Da sie am oberen Ende dauernd weiter wachsen, unten aber durch zunehmenden Lichtabschluss absterben und langsam vertorfen, kommt es zu einer Erhöhung der Mooroberfläche. Alle anderen Arten des Hochmoores müssen sich diesem Höhenwachstum anpassen. Die Torf-Bildung und -Ablagerung ist unabhängig von der Grundwasserzufuhr. Mit wachsendem Alter der Torfe wird der

reale Zuwachs der Torfdecke durch Verdichtungs- und Zersetzungsprozesse teilweise kompensiert. Abhängig von den klimatischen Rahmenbedingungen bilden sich schwach bis mäßig zersetzte, je nach Alter bis zu mehrere Meter mächtige Torfe (Abb. 2). Heutzutage kommt es kaum noch zu einem Torfwachstum, da die Torfmoose nicht mehr dominieren und von Seggen und Gräsern abgelöst wurden.

Die Oberfläche der Regenmoore ist meist nicht eben, sondern weist ein mosaikartiges Muster von kleinen Erhebungen, den Bulten, und dazwischen liegenden nassen Einsenkungen, den Schlenken, auf. Diese gehen auf unterschiedliche Feuchtigkeitsansprüche der einzelnen Torfmoosarten zurück. In den wassergesättigten Vertiefungen sind neben den Torfmoosarten auch Wollgräser und Seggen charakteristisch. Blütenpflanzen wachsen auf differenzierten Standorten. Auf den Bulten, die vielfach ebenfalls eine deutliche Mikrostenofolge von unten nach oben aufweisen, gedeihen Moltebeeren, Moosbeeren, Rosmarinheide, und auch einige Zwergsträucher (Rauschbeere und Krähenbeere). Die Spitze der Bulten kann so trocken werden, dass die Torfmoose von Frauenhaarmoos und Flechten abgelöst werden.

Die Decken-Hochmoore im Gebiet von Tromsø zeigen bereits subarktische Merkmale, die durch niedrige Temperaturen verursacht werden. Hierbei handelt es sich um Moortypen mit Torf- oder Erdhügeln. Auf diesen Mooren sind Zwergsträucher wie Zwergbirke, kleine Fjellbirke und Porst sowie Seggen und Gräser weit verbreitet. Die Torfmoose spielen nur eine untergeordnete Rolle.

In der weiteren Umgebung von Tromsø kommen wegen des steilen Reliefs und des starken Niederschlags ombrosoligene Hangmoore vor, die besonders am unteren Ende des Moores unter Mineralbodenwassereinfluss stehen. Die Torf-Bildung und -Ablagerung wird durch die Grundwasserzufuhr beeinflusst. Man kann diese Moortypen als Übergangsmoore bezeichnen, in denen das Torfmoos-Wachstum stark reduziert ist. In der küstenferneren Umgebung von Tromsø werden Strangmoore, sogenannte Apamoore, angetroffen, die sich durch einen deutlichen Reliefwechsel zwischen trockenen Strängen und nassen Schlenken auszeichnen. Niedermoore sind z.B. auf der Tromsø-Insel in einer Endmoränenlandschaft



Abb 2: Auf einer etwa 2 m mächtigen Torfschicht am Sørleangsbotn: Prof. D. Thannheiser erläutert Fakten zu den Mooren in der Region Troms.

mit minerotrophen Schwingrasen anzutreffen. Die Moore in der näheren Umgebung der Siedlungen sind durch anthropogene Entwässerungen gestört. Dadurch vergrößerten sich die Amplitude der Wasserstandsschwankungen und damit die Unterschiede im Mikrorelief. Anfang des letzten Jahrhunderts wurde Torf für Brennzwecke sowie für Stallstreu gestochen.

„Frostbeulen“ im Moor bei Lyfjord

Die „Frostbeule“ im Finnviktal bei Lyfjord (Abb. 3 und 4) stellt eine Übergangsform zwischen einer Torfbülte (Finnisch Pounu) und einer Erdbülte (Isländisch Thufa, Plural Thufur) dar. Beide Kleinhügelvarianten sind in Lappland weit verbreitet. Sie erfordern zu ihrer Bildung nur saisonalen Frostboden, während die größeren, bis zu 12 m hohen Palsa-Hügel im kontinentalen Binnenland und an der Küste Ostfinnmarks das Vorhandensein von Dauerfrostboden (Permafrostboden) voraussetzen. Die Pounus entstehen durch biologische und frostdynamische Prozesse, die Thufur allein durch Frosteinwirkung auf den feinkörnigen Mineralboden. Beide Hügelvarianten treten jeweils in enger räumlicher Vergesellschaftung auf. Der Grundriss ist kreisrund, oval oder langgestreckt. Die Pounus werden bis zu 1,5 m hoch, die Thufur maximal 1 m. Im maritimen Küstenbereich besetzen die Pounus vornehmlich die tiefgründigen zentralen Moorbereiche. Bei abnehmender Torfmächtigkeit an den Moorrändern wird der Mineralboden der Moorunterlage bei hinreichender Feinkörnigkeit und damit Frostempfindlichkeit in die Hügelgenese mit einbezogen. Außerhalb der Mooregebiete entstehen reine Erdbülten, auf den feuchten, von feinkörnigen Sedimenten unterlagerten, nach Abschmelzen des pleistozänen Inlandeises isostatisch gehobenen Strandterrassen oft in „idealtypischer“ Ausprägung. Die Bildung erfolgt bei günstigen Voraussetzungen in wenigen Jahrzehnten, zum Ärger der Farmer auch auf den landwirtschaftlich als Weideland genutzten Flächen.

Die Formenentstehung der Pounus ist bisher erst in groben Zügen bekannt. Offenbar wird die Hügelentwicklung in erster Linie durch biologische Vorgänge ausgelöst. Grundlage der Pounubildung ist ein differenziertes Torfwachstum, das ein differenziertes Gefrieren der Torflagen an der Mooroberfläche zur Folge hat. Infolge einer verstärkten Torfbildung, insbesondere durch verschiedene Torfmoos-Arten, wie etwa *Sphagnum fuscum*, entstehen an verschiedenen Stellen im Moor zunächst flache Torfhügel, die dem Wind stärker ausgesetzt sind, im Herbst länger schneefrei bleiben und sich so durch ein schnelleres und tieferes Eindringen des Bodenfrostes auszeichnen als die Torflagen der Hügelumgebung. Dadurch wird die weitere Pounuentwicklung offenbar beschleunigt. Auf welche Weise dies geschieht und welche frostdynamischen Vorgänge dem Pounuwachstum zugrunde liegen, ist bisher ungeklärt. Mit zunehmender Höhe über dem Moorwasserspiegel wird die ursprüngliche, hygrophile Moorvegetation auf der Torfbülte durch eine xerophile Vegetation aus Zwergsträuchern und/oder Gräsern ersetzt. Die größere Torfmächtigkeit im Bereich der Bülden schützt aufgrund ihrer thermisch isolierenden Wirkung den Frostboden im Sommer vor dem raschen Auftauen. In den größten Bülden kann der Frostboden daher bis in den Spätsommer oder Herbst überdauern.

Die Entstehung der beobachteten Hügelformen lässt sich zumeist anhand einer Grabung klären, die Einblick in den



Abb 3: Blick auf das untersuchte Moor am Lyfjord, das nach der jüngsten Eiszeit auf einer isostatisch gehobenen Strandterrasse entstanden ist.



Abb 4: Dr. K.-D. Meier erläutert nach dem Aufgraben einer „Frostbeule“ deren Schichtung und Entstehung im Moor am Lyfjord.

strukturellen und sedimentären Bauplan gewährt (Abb. 4). Die Thufur und die Bülden mit einem minerogenen Kern unter der Torfhülle zeigen im Mineralbodenbereich oft Gefügemerkmale, die Hinweise auf die an der Genese beteiligten frostdynamisch gesteuerten Prozesse liefern – so auch im Falle des von uns auf der gehobenen Meeresterrasse aufgegrabenen Hügels. Der kuppelförmige, 60-65 cm hohe Hügel besteht unter der Vegetationsdecke mit Zwergsträuchern, Gräsern und Torfmoosen aus einem im Kronenbereich etwa 30 cm mächtigen Torfmantel, der zu den Hügelflanken hin ausdünt. Er ist mächtiger als die Torflage in der Hügelumgebung. Der vom Torf eingeschlossene Mineralbodenkern setzt sich aus schluffig-sandigen Sedimenten zusammen, deren Lagen nach Ausweis der Verfärbung einen unterschiedlichen Humusgehalt aufweisen. Die aus den hellen Lagen ausgewaschene organische Substanz ist offenbar an der Profilbasis angereichert worden. Die Grenze Torf/Mineralboden verläuft unregelmäßig und „unscharf“. Die minerogenen Sedimentlagen sind stellenweise durch Frosteinwirkung verwürgt oder disloziert. Die Deformationen an den Hügelrändern deuten auf eine Zufuhr von Feinsedimenten aus der Hügelumgebung in den Hügelkern. Diese Merkmale lassen auf eine Morphogenese

schließen, die für die Bildung von Thufur typisch ist. Wie die Grabung zeigt, handelt es sich um eine Aufbeulung der vegetationsbedeckten Bodenoberfläche. Die obersten Torf- und Mineralbodenlagen sind dem Bültenhabitus entsprechend aufgebogen. Diese Aufwölbung klingt in rund 60-70 cm Tiefe im Übergangsbereich zum dunklen Horizont an der Profilbasis ab.

Wie der strukturelle und sedimentäre Bau, die durch Frost verwürgten Substratpartien und die manchmal noch gegen Ende des Sommers im Innern der Hügel anzutreffenden Frostbodenkerne andeuten, resultiert die Aufwölbung der Bodenoberfläche aus frostdynamischen Vorgängen. Da die Aufwölbung der Substratlagen auch nach dem Schwinden des saisonalen Frostbodens Bestand hat, aber in den Hügeln keine Hohlräume zurück bleiben, anhand derer sich die Volumenzunahme erklären ließe, ist davon auszugehen, dass in den Hügeln im Laufe der Bodenfrostperiode eine Zunahme der Feinmaterialmenge erfolgt. Aus der Lageveränderung der Substratpartien, die in Gestalt dislozierter Teile heller Bleichhorizonte im Tiefland besonders deutlich in Erscheinung tritt, ist zu entnehmen, dass die Bodenaufwölbung vornehmlich das Ergebnis einer Materialzufuhr aus der Umgebung ist. Da die verschiedenen Sedimentlagen und Bodenhorizonte im Bültenbereich häufig nicht gleichmäßig aufgewölbt, sondern sehr unregelmäßig verwürgt und teilweise zerrissen erscheinen, ist damit zu rechnen, dass auch seitlich gerichteter kryostatischer Druck eine wichtige Rolle spielt. Eine wichtige Voraussetzung für das Aufpressen von ungefrorenen, stark durchfeuchteten und plastischen Substratpartien durch lateralen kryostatischen Druck ist ein unterschiedlicher Tiefgang der Frostfront, der sich u.a. durch Relief-, Substrat- und Vegetationsunterschiede erklären lässt.

Weitere Aktivitäten

Weitere Aktivitäten vor Ort in Tromsø waren Museumsbesuche im Polaria und Polarmuseum, ein längerer Aufenthalt im nördlichsten Botanischen Garten der Welt und als besondere Höhepunkte Begegnungen mit der Wissenschaft im Norwegischen Polarinstitut und an der Universität. Im Polarinstitut stellte uns Dr. Sebastian Gerland aktuelle Forschungsschwerpunkte vor, während an der Universität mehrere Mitarbeiterinnen und Prof. Dr. Paul Wassmann selbst uns interessante Einblicke in ihre derzeitigen wissenschaftlichen Untersuchungen gewährten.

DANKSAGUNG

Dass diese Reise mit einer großen Schülergruppe möglich wurde, konnte nur Dank großer Unterstützung gelingen. Im Frühsommer 2009 begann die erste Phase dieses Projektes – die Tonnen AG III – ein ökologisches Langzeitprojekt in der Kooperation beider Schulen mit dem HIGHSEA-Schulprojekt am AWI Bremerhaven unter der Leitung von Dr. Susanne Gatti. Diese Kooperation besteht bereits seit 2003. Schon im Frühjahr 2010 mit den ersten konkreten Planungen für die Reise nach Tromsø erfolgte die Zusage der Deutschen Gesellschaft für Polarforschung auf finanzielle Förderung, eine sehr wichtige Basis und Referenz zum Einwerben weiterer Fördermittel. Zwischenzeitlich im Herbst 2010 schien die Forschungsreise wegen der schwierigen finanziellen Frage unmöglich. Hier hat die Stiftung ProFiliis aus Dortmund mit einem entscheidenden Impuls den Weg bereitet.

Professor Dr. Dietbert Thannheiser begleitete die Planungen seit dem Frühsommer 2010 aktiv, war mehrfach vor Ort in Dortmund sowie Werl. Dass er im September 2011 persönlich in Tromsø zusammen mit Dr. Karl-Dieter Meier Exkursionen leiten konnte, war ein glücklicher Umstand. Allen Helfern, Partnern und Förderern während der verschiedenen Projektphasen gilt unser Dank für eine gelungene zweite „Traumreise“ nach Tromsø.

Literatur

- Alm, T.* (1988): Floraen i Tromsø by Floristiks sluttrapport. Prosjektet "Planteliv i Tromsø".- Polarfløkken 12 (1): 27-28.
- Chen, Z.-D., Manchester, St. & Sun, H.-Y.* (1999): Phylogeography and evolution of the Betulaceae as inferred from DNA sequences, morphology and paleobotany.- Amer. J. Botany 86: 1168-1181.
- Damgaard, R.M. & Davenport J.* (1994): Salinity tolerance, salinity preference and temperature tolerance in the high-shore harpactoid copepod *Tigriopus brevicornis*.- Mar. Biol. 118: 443-449.
- Handschumacher L., Steinarsdottir, M.B., Edmands, S. & Ingolfsson, A.* (2010): Phylogeography of the rock-pool copepod *Tigriopus brevicornis* (Harpacticoida) in the northern North Atlantic and its relationship to other species of the genus.- Mar. Biol. 157: 1357-1366.
- Holmgren, B. & Tjus, M.* (1996): Summer air temperatures and tree line dynamics at Abisko.- Ecol. Bull. 45: 159-169.
- Kiko H. & Nitsch T.* (2009) Forschen auf 70° Nord – Schüler auf den Spuren des Klimawandels.- Polarforschung 78: 81-82.
- McAllen R. & Block W.* (1997): Aspects of the cryobiology of the intertidal harpactoid copepod *Tigriopus brevicornis*.- Cryobiol. 35: 309-317.
- Raisuddin, S., Kwok, K.W.H., Leung, K.M.Y., Schenk, D. & Lee, J.-S.* (2007): The copepod *Tigriopus*: A promising marine model organism for ecotoxicology and environmental genomics.- Aquatic Toxicol. 83: 161-173.
- Wehberg, J.* (2007): Der Fjellbirkenwald in Lappland – Eine vegetationsökologische Studie.- Diss.Thesis, Mitteil. Geograph. Ges. Hamburg 99: 1-219.

Das Archiv für deutsche Polarforschung: Gedächtnis und Wissensressource für die Polarforschung auf archivrechtlichen und archivwissenschaftlichen Grundlagen

von Christian R. Salewski

EINLEITUNG

Am 30. Juni 2011 gründete das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) das Archiv für deutsche Polarforschung (AdP). Damit hat das Institut erstmals eine Einrichtung geschaffen, die in der Lage ist, Unterlagen zur mittlerweile schon gut 150 Jahre währenden Geschichte der deutschen Polarforschung zu archivieren. Zugleich hat das AWI mit dem AdP zum ersten Mal eine Institution etabliert welche die zur Erforschung der Institutsentwicklung nötige Überlieferung bilden und bewahren kann.

Neu an dieser Entwicklung ist auch, dass sich das AdP als erste archivähnliche Einrichtung in der Polarforschung bemüht, bei der Erfüllung seiner Aufgabe archivrechtliche und archivwissenschaftliche Standards einzuhalten. Daher wurde ein ausgewiesener Archivar und Wissenschaftshistoriker eingestellt. Außerdem wurde deshalb bei seiner Gründung eine auf dem Bremer Archivgesetz (BREMARCHG) beruhende Archiv- und Nutzerordnung in Kraft gesetzt (AWI-DIREKTORIUM 2011, STADT BREMEN 20.01.2005). Aus diesem Grunde wurde das Archiv im Spätsommer 2011 auch Mitglied im Verband der deutschen Archivarinnen und Archivare (VdA) und schloss sich der seit 1978 im VdA bestehenden Fachgruppe 8 *Universitätsarchive und Archive wissenschaftlicher Einrichtungen* an. Diese Organisationseinheit des Vereins betreut die bundesweit etwa 100 Einrichtungen umfassende Gruppe der Hochschularchive und der Archive wissenschaftlicher Einrichtungen (vgl. VDA, LISTE DER HOCHSCHULARCHIVE). Die Fachgruppe 8 bemüht sich, über Erfahrungsaustausch, Fortbildung und Erarbeitung von Handreichungen und Positionspapieren die Anwendung von archivwissenschaftlichen Standards zu fördern und sie weiterzuentwickeln (vgl. AK DIGITALE LANGZEITARCHIVIERUNG 2011, MÜLLER 2007, PLASSMANN 2009).

Die Bedeutung des AWI als Forschungseinrichtung nicht nur in der Polarforschung, sondern auch als Archivträger und die dezidiert archivrechtliche und archivwissenschaftliche Ausrichtung des neuen Archivs lassen es sinnvoll erscheinen, das AdP im vorliegenden Beitrag näher zu betrachten. Dies geschieht, indem zunächst die Geschichte der Vorgängereinrichtungen dieses Archivs und seine eigene kurze Geschichte umrissen werden. Dann wird die Archivierung als eigentliche

Aufgabe des AdP vorgestellt und die verschiedenen Staaten im deutschen Kulturraum als dessen Zuständigkeitsbereich definiert. Danach wird in zwei kurzen Textabschnitten die Archivierung im AdP näher beschrieben. Unterbrochen wird diese Beschreibung nur, um die Bestände des Archivs und ihre Struktur zu charakterisieren. Abschließend wird noch dargestellt, wie das AdP seine verschiedenen Funktionen über die permanente Bearbeitung seiner Archivierungsaufgabe erfüllt.

GESCHICHTE DES ADP

Vorgängereinrichtungen

Mit dem in der Einleitung genannten Anspruch, nach archivrechtlichen und archivwissenschaftlichen Grundsätzen und Standards zu arbeiten, grenzt sich das AdP von Einrichtungen ab, die zumindest auf den ersten Blick als seine Vorgänger angesehen werden können. Dies gilt für das Alfred-Wegener-Archiv, aber vor allem für das *Archiv für Polarforschung*. Der Gründer dieses Archivs, Max Grotewahl (1894-1958), wollte zwar ursprünglich eine solche Einrichtung schaffen, um die vielen Ausrüstungsgegenstände, die er im Jahr 1925 von seiner umstrittenen Spitzbergenexpedition mitgebracht hatte, zu erhalten und um seine Expeditionserfahrungen zukünftigen Expeditionen zugänglich zu machen. Im Zusammenhang mit Plänen, die Polargebiete mit Luftschiffen zu erkunden, wie sie die deutsche Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff (Aeroartic) ab 1924 verfolgte, kam ihm jedoch dann der eigenartige, im Historismus des 19. Jahrhunderts verwurzelte Gedanke, ein Polararchiv einzurichten, um mit Hilfe einer großen Fachbibliothek und einer Kartensammlung künftige Polarexpeditionen besser vorzubereiten. Außerdem sollten dort Teilnehmer solcher Unternehmungen Informationen zur Ausrüstung und zur Expeditionstechnik erhalten können (LÜDECKE 1995 S. 93). Waren schon diese Zielsetzungen relativ weit von einem modernen Archivverständnis entfernt, zeigt Grotewahls Wunsch, dieses Archiv zu einem Institut für Polarforschung zu entwickeln (Lüdecke 1995 S. 93), dass es ihm in erster Linie nicht darum ging, die archivwürdigen Teile des Schriftguts von wissenschaftlichen Einrichtungen, die in der Polarforschung aktiv waren, und Sammlungsgut mit Bezug zur Polarforschung, wie etwa entsprechende Gelehrtenachlässe, zu archivieren. Dafür spricht auch, dass Grotewahl das Archiv für Polarforschung von seiner Gründung am 01. Juli 1926 bis zu seinem Tod 1958 zu Propagandaaktivitäten in eigener Sache und in Sachen Polarforschung einsetzte. Hinzu kommt, dass es in dieser Zeit Bibliotheksgut, d.h. veröffentlichte Monografien, Sonder-

¹ Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Alten Hafen 6, PO Box 12 0161, D-27515 Bremerhaven; <christian.salewski@awi.de>

drucke und Zeitschriften, sammelte und die Zeitschrift *Polarforschung* herausgab, statt sich mit der Archivierung bedeutender Unterlagen aus der Polarforschung zu beschäftigen (LÜDECKE 1995 S. 97).

Doch auch das Alfred-Wegener-Archiv, das Anfang der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts von der 1980 als „Alfred-Wegener-Stiftung zur Förderung der Geowissenschaften (AWS)“ gegründeten „GeoUnion – Alfred-Wegener-Stiftung“ am Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven eingerichtet wurde, hatte zunächst keinen ausgesprochenen Archivcharakter, bestand es doch in seinen Anfängen nur aus den wichtigsten publizierten Werken von und über Alfred Wegener (1880-1930) sowie aus einer dreibändigen Sammlung von Kopien seiner Zeitschriftenbeiträge. Allerdings folgten schon 1983 aufbewahrungswürdige Unterlagen: Als ersten Bestand dieser Art erhielt das Archiv einen Teilnachlass des deutsch-jüdischen Physikers, Meteorologen und Polarforschers Fritz Loewe (1895-1974). Dieser Bestand bezieht sich im Wesentlichen auf die Grönlandexpeditionen Alfred Wegeners in den Jahren von 1929 bis 1931 da Loewe als Mitarbeiter Wegeners an diesen Unternehmungen teilgenommen hatte. Vom Hamburger Instrumentenamt des damaligen Deutschen Wetterdienstes gelangte noch im selben Jahr der umfangreiche Nachlass eines weiteren Mitarbeiters Wegeners, des Meteorologen und Polarforschers Johannes Georgi (1888-1972) in das Archiv. Ende der 1980er Jahre übergaben Mitglieder der Familie Wegener dieser Einrichtung auch noch Splitter des Nachlasses von Alfred Wegener. (VOSS S. 360) Da diese auch immer wieder Kopien von Dokumenten aus Archiven übernahm, verlor diese Einrichtung gleichwohl den Charakter einer Dokumentationsstelle zu Alfred Wegener und zu seinen letzten Grönlandreisen nie vollständig.

Organisatorisch war das Alfred-Wegener-Archiv von 1982 bis 1992 der Institutsbibliothek und danach der Stabsabteilung „Presse und Öffentlichkeit“ zugeordnet. Zuständige Sachbearbeiterin war während dieser Zeit die Bibliothekarin Jutta Voß-Distelkamp. Ihr Wechsel in die Altersteilzeit im Jahr 2002 brachte es mit sich dass das Archiv seine Arbeit einschränkte. Der am AWI beschäftigte Naturwissenschaftshistoriker Reinhard Krause übernahm allerdings neben seinen vielen wissenschaftlichen Aktivitäten auch noch teilweise die Aufgaben von Voß-Distelkamp: Er beantwortete Anfragen zu den Archivbeständen und übernahm archivwürdige Unterlagen – zumal dann, wenn sie von Vernichtung bedroht waren.

Die Gründung des AdP und seine erste Entwicklungsphase

In der Folgezeit wurde im Alfred-Wegener-Institut die Frage nach der Fortführung des Alfred-Wegener-Archivs und dem Umgang mit den neu hinzugekommenen Beständen diskutiert. Im Jahr 2010 beantwortete das Institutsdirektorium sie positiv indem es entschied eine Archivarstelle zu schaffen und einen Archivar einzustellen. Zugleich bestimmte die Institutsleitung, diesen der Leitung der AWI-Bibliothek zu unterstellen. Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass die Mühen von Voß-Distelkamp und Krause nicht vergeblich gewesen waren. Seit dem 15. Februar 2011 ist daher der Historiker und Archivar, Dr. Christian R. Salewski, im Institut tätig (LÖSCHKE 2011).

Eine seiner ersten Aufgaben bestand darin, die Institutionali-

sierung eines Archivs, das Archivalien zur Polarforschung bearbeiten sollte weiter voranzutreiben. Eine Möglichkeit dafür bot § 10 des BremArchG, wonach juristische Personen des öffentlichen Rechts des Landes Bremen eigene Archive unterhalten dürfen, wenn sie den archivfachlichen Anforderung des § 1 Abs. 5 des BremArchG genügen (Betreuung des Archivs von Personen mit mindestens der Befähigung zum gehobenen Archivdienst, STADT BREMEN 20.01.2005). Da das Alfred-Wegener-Institut nach dem Gesetz zur Errichtung einer Stiftung des öffentlichen Rechts „Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“ vom 23.09.1997 ein solche Einrichtung des Landes Bremen ist und da das Institut bereits eine entsprechend des § 1 Abs. 5 BremArchG befähigten Mitarbeiter eingestellt hatte, war es möglich, eine Archiv- und Nutzerordnung auf Grundlage des BremArchG zu formulieren und damit der geplanten Institutionalisierung eine archivrechtliche Grundlage zu verschaffen (SENAT BREMEN 1997, SENAT BREMEN AWIStG 2012). Indem das Direktorium des AWI die Archiv- und Nutzerordnung des AdP am 30.06.2011 in Kraft setzte (AWI-DIREKTORIUM 2011), sorgte dieses Leitungsgremium nicht nur dafür, dass das Archiv offiziell den Namen „Archiv für deutsche Polarforschung“ erhielt, sondern auch dafür, dass es schon relativ tief sowohl in die bestehenden Strukturen des AWI als auch in die existierende deutsche Archivorganisation eingebettet wurde. Weitere Schritte in diese Richtung unternahm das Archiv selbst dadurch, dass es – wie eingangs schon erwähnt – Mitglied im VdA und in der Fachgruppe 8 dieses Vereins wurde.

Eine weitere Aufgabe des Archivars bestand darin, die vom Direktorium und der Bibliotheksleitung vorgesehenen Räumlichkeiten im 5. Obergeschoss des historischen AWI-Gebäudes D, d.h. im so genannten Ungers-Bau, zu einem kleineren Teil in Büroräume, zu einem größeren Teil aber in ein funktionstüchtiges Archivmagazin umzuwandeln. Dabei waren u.a. Fragen des Lichtschutzes und des Raumklimas zu berücksichtigen. Außerdem musste das Magazin noch mit archivgerechten Regalen, Foto- und Kartenschränken ausgestattet werden. Darüber hinaus war auch noch eine Archivsoftware zu beschaffen, ohne welche die Archivarbeit heute schlechterdings nicht mehr vorstellbar ist. Dank der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Stellen im Institut konnte ein Großteil dieser Arbeit bis Mitte Juli 2011 beendet werden, so dass der Archivar den Umzug der an verschiedenen Standorten innerhalb des AWI aufbewahrten Archivalien in das neue Archivmagazin Anfang Juli 2011 abschließen konnte. Im ersten Quartal des Jahres 2012 wurden noch fehlende Archiv- und Büromöbel beschafft, und die Klimatisierung des Archivmagazins mithilfe von mobilen Klimaanlageanlagen wurde realisiert. Auch wurde eine Software für die Präsentation der Archivbestände im Internet gekauft. Mitte 2012 ist das Archiv vollständig ausgestattet und sein Aufbau mithin abgeschlossen.

DIE AUFGABE UND ZUSTÄNDIGKEITSBEREICH DES ARCHIVS

Nachdem der § 1 der Archiv- und Nutzerordnung das AWI zum Träger des AdP bestimmt hat, benennt ihr § 2 den Zuständigkeitsbereich und die Aufgabe des Archivs. Seine Aufgabe lässt sich dahin gehend zusammenfassen, dass das AdP Unterlagen von wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und Vereinen sowie Sammlungsgut mit Relevanz für die deutsche

Polarforschung auf Grundlage des BremArchG und den geltenden archivfachlichen Standards archivieren soll (AWI-DIREKTORIUM 2011; zum Begriff der Archivierung vgl. die Abschnitte „Archivierung im AdP“ und „Benutzung von Archivgut im AdP“). Dabei fallen unter dem Begriff „Unterlagen von wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen und Vereinen“ amtliches Schriftgut und Verbandsunterlagen wie Urkunden, Akten, einzelne Schriftstücke, amtliche Publikationen, Drucksachen und Karteien. Unter Sammlungsgut werden hingegen Aufzeichnungen wie Bild-, Film- und Tondokumente, aber auch Risse, Plakate, Karten o.ä. verstanden. Zum Sammlungsgut werden ferner Nachlässe z.B. von Polarforschern gezählt. Besondere Aufmerksamkeit widmet das AdP in seiner Arbeit der Archivierung von Unterlagen aus dem gesamten AWI einschließlich der Standorte in Potsdam, auf Helgoland und auf Sylt. (AWI-DIREKTORIUM 2011, STADT BREMEN 20.01.2005)

Der Zuständigkeitsbereich des AdP oder – wie es in der Archivterminologie (vgl. MENNE-HARITZ 2006 S. 99) heißt – sein Sprengel wird mit dem Begriff „deutsch“ in seinem Namen gekennzeichnet. Der Ausdruck „deutsch“ ist staatsrechtlich gemeint, bezieht er sich doch auf die verschiedenen, seit Anfang des 19. Jahrhunderts bestehenden Staaten auf dem Gebiet des deutschen Sprach- und Kulturraums. Darunter wird der Deutsche Bund (1815-1866, 1870), der Norddeutsche Bund (1866-1871) und das Deutsche Reich (1871-1945), der deutschsprachige Teil der österreich-ungarischen Monarchie (1867-1918), die Deutsche Demokratische Republik (1949-1990), die Bundesrepublik Deutschland und die Republik (1918-1938 und ab 1945) bzw. der Ständestaat Österreich verstanden. Unter diesen Begriff fallen also alle diejenigen deutschen Staaten, die ab Mitte des 19. Jahrhunderts nennenswerte Polarforschung betrieben haben. Die Gründe für diese begriffliche Einschränkung und der damit verbundenen staatlichen bzw. sprachlich kulturellen Beschränkung bei der Archivierung von Unterlagen einer sich immer mehr internationalisierenden Wissenschaft sind rein praktische: Das AdP wäre mit der Archivierung aller archivwürdigen Unterlagen der internationalen Polarforschung überfordert und würde sich ohne Not in Konkurrenz mit ähnlichen, schon lange auf diesem Feld aktiven Einrichtungen begeben. Es versteht sich folglich vielmehr als sinnvolle Ergänzung zu diesen Archiven, d.h. insbesondere als Rettungsstation für relevantes Schriftgut aus der Polarforschung (vgl. in ähnlicher Weise Hillen zu den Zielen des Rheinisch-Westfälischen Wirtschaftsarchivs zu Köln).

ARCHIVIERUNG IM ADP

Wie löst nun das AdP die selbst gewählte Aufgabe, schriftliche Unterlagen mit Bezug zur deutschen Polarforschung zu archivieren? Der Prozess der Archivierung beginnt auch im AdP mit der Identifikation von Archivgut (MENNE-HARITZ 2006 S. 45, zum in diesem und im Abschnitt „Benutzung von Archivgut im AdP“ verwendeten Begriff der Archivierung.): Dabei ermittelt sein Archivar selbst Informationen über potenziell archivwürdige Schriftgutbestände oder Sammlungen innerhalb und außerhalb des AWI. Auch können ihm Personen oder Stellen innerhalb und außerhalb des Instituts relevante Unterlagen zur Übernahme ins Archiv anbieten. Hat der Archivar auf die eine oder andere Weise Kenntnis von solchem

Schriftgut erhalten, sucht er die zur Abgabe von Schriftgut bereiten Stellen bzw. Personen auf und prüft anhand einer Reihe formaler und inhaltlicher Kriterien, welche Unterlagen einen bleibenden historischen Wert haben und daher dauernd aufbewahrt werden müssen und welche u.U. unter Beachtung datenschutzrechtlicher Bestimmungen kassiert, d.h. vernichtet werden können (z.B. KRETZSCHMAR 2005, HÖÖTMANN & TIEMANN 2000).

Nach Abschluss des in der Archivwissenschaft als „Bewertung“ bekannten Vorgangs (MENNE-HARITZ 2006 S. 59) sorgt der Archivar für den Transport des archivwürdigen Schriftguts oder der wertvollen Sammlungen in das so genannte Zwischenarchiv, wo sie bis zu ihrer Erfassung lagern. In diesem Teil des Archivierungsprozesses, der in der Ausdrucksweise der Archivwissenschaft auch „Erschließung“ (dazu MENNE-HARITZ 2006 S. 68f.) genannt wird, verzeichnet, ordnet und beschreibt der Archivar dann mithilfe einer Archivsoftware die Unterlagen (z.B. LANDESARCHIVDIREKTION BADEN-WÜRTTEMBERG 2001, PAPRITZ 1997, STAATLICHE ARCHIVVERWALTUNG BADEN-WÜRTTEMBERG 2004 zum Erschließungsprozess). Dabei berücksichtigt er auch in diesem Zusammenhang auftretende rechtliche Probleme (vgl. MÜLLER 2010). Damit die Unterlagen überhaupt benutzt werden können, erstellt am Ende seiner Arbeit der Archivar dann Nachschlagewerke, so genannte Findbücher, oder erzeugt Datensätze, die in einer Datenbank gespeichert sind und im Intra- bzw. Internet recherchiert werden können. Anschließend bereitet er das Schriftgut auf die langfristige Aufbewahrung im Archivmagazin vor. So entfernt er beispielsweise aus Akten Plastikfolien sowie Heft- und Büroklammern und lagert sie in säurefreien Mappen und Kartons ein. (z.B. HABERDITZL zu Maßnahmen der passiven Konservierung und Abb. 1) Auf diese Weise entsteht Archivgut, das Generationen überdauern kann und das zugleich interessierten Personen zugänglich ist, das also von ihnen im Archiv genutzt werden kann (dazu im Detail den Abschnitt „Benutzung von Archivgut im AdP“).

DIE BESTÄNDE DES ARCHIVS

Indem der Archivar des AdP insbesondere bei der Erfassung, Bewertung und Übernahme der Bestände vorging, konnte er seit Juli 2011 zu den bereits zu diesem Zeitpunkt 50 laufenden Metern Unterlagen weitere 80 laufende Meter hinzufügen. Damit verfügt das AdP nach dem zweiten Quartal des Jahres 2012 bereits über Archivbestände zur deutschen Polarforschung im Umfang von gut 130 laufenden Metern. Inhaltliche Schwerpunkte bilden darin Alfred Wegeners Grönlandexpeditionen 1929 und 1930/31 und die Geschichte des AWI.

Die Gliederung der Bestände des AdP erfolgte – wie in Archiven üblich – nach dem Provenienz-, d.h. nach dem Herkunftsprinzip (vgl. MENNE-HARITZ 2006 S. 91). Seine Bestände sind daher in seiner Tektonik – so der archivfachliche korrekte Ausdruck für die Bestandsstruktur (vgl. MENNE-HARITZ 2006 S. 101) – zunächst gegliedert nach Einrichtungen, die in der Polarforschung aktiv (gewesen) sind. Dazu zählt das AWI mit seiner Leitung (Direktorium, Kuratorium, Wissenschaftlicher Beirat), mit seinen Fachbereichen, seinen Abteilungen und seinen Forschungsstellen sowie auch andere Forschungseinrichtungen, aus denen Unterlagen in das AdP gelangt sind. Solche Einrichtungen sind z.B. das Geodäti-

sche Institut der Universität Karlsruhe oder das 2010 geschlossene IWF Wissen und Medien GmbH (bis 2001 Institut für den Wissenschaftlichen Film) in Göttingen. Außerdem berücksichtigt die Gliederung des AdP die Bestände der wissenschaftlichen Vereine, soweit sie im Archiv bereits vorliegen. Dazu zählen etwa das Archiv für deutsche Polarforschung oder die Deutsche Gesellschaft für Polarforschung. Daneben verzeichnet die Tektonik auch andere für die Polarforschung wichtige Einrichtungen. Dazu gehört beispielweise die Zentralstelle für Schiffs- und Maschinentechnik der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord des Bundesministeriums für Verkehr, welche den Bau von des FS „Polarstern“ unterstützt hat (FLEISCHMANN 2005 S. 241). Die Gliederung berücksichtigt darüber hinaus das Sammlungsgut des Archivs, wobei an erster Stelle die Nachlässe von Polarforschern zu nennen sind. Das AdP verfügt bereits über neunundzwanzig solcher Bestände. Als weitere wichtige Sammlungen verzeichnet die Tektonik des Archivs beispielsweise die Bestände zur Polarphilatelie, Deutschen Antarktischen Expedition und zu Filmen mit Bezug zur Polarforschung.

BENUTZUNG VON ARCHIVGUT IM ADP

Zur Archivierung von Beständen gehört auch ihre Bereitstellung für die Archivnutzer (MENNE-HARITZ 2006 S. 45). Voraussetzung dafür ist aber, dass die Nutzer Zugang zum Archivgut haben. Daher erlaubt § 3 der Archiv- und Benutzungsordnung des AdP grundsätzlich jedem Nutzer, der ein berechtigtes Interesse, insbesondere ein rechtliches, wissenschaftliches oder heimat- oder familiengeschichtliches Interesse glaubhaft macht, Archivbestände einzusehen (AWI-DIREKTORIUM 2011). Ausnahmen von diesem Recht gibt es allerdings gleich in mehreren Fällen.

Ein erster Fall liegt nach § 9 Abs. 1 der AdP-Archivordnung vor, wenn Bestände noch den Sperrfristen des BremArchG unterliegen, d.h., wenn die fraglichen Unterlagen erst vor 30 Jahren entstanden sind oder wenn sie sich hauptsächlich auf eine natürliche Person beziehen, deren Tod noch nicht länger als 10 Jahre zurückliegt (AWI-DIREKTORIUM 2011).

Ein weiterer Fall bezieht sich nach § 7 Abs. 1 der Archivordnung auf Archivgut, das sich im Eigentum Dritter befindet und das auf Grundlage von mit dem Eigentümer individuell ausgehandelten Bedingungen im AdP aufbewahrt wird. Bei diesem Archivgut handelt es sich z.B. um Nachlässe von Polarforschern, die auf das Archiv über einen Schenkungsvertrag gekommen sind.

Weitere wichtige Fälle, nach denen nach § 7 Abs. 1 der Archivordnung die Nutzung eingeschränkt oder versagt werden muss, liegen dann vor, wenn Grund zur Annahme besteht, dass der Nutzung schutzwürdige Belange Dritter entgegenstehen, oder wenn der Erhaltungszustand des Archivguts gefährdet ist.

Gemäß § 7 Abs. 2 dieser Ordnung kann es auch weitere wichtige Gründe geben die Nutzung zu versagen. Dazu gehört u.a. ein wiederholter und schwerwiegender Verstoß gegen die Archivordnung und ein unzureichender Ordnungszustand des Archivguts (AWI-DIREKTORIUM 2011). Mithin geht es bei all den genannten Fällen um Schutzrechte der Archivegeber oder um den Schutz der Archivalien selbst.

Damit die Nutzer die Archivbestände des AdP einsehen können, müssen sie nach § 5 Abs. 1 der Archivordnung zuvor

einen schriftlichen Nutzungsantrag stellen. Darin muss der Nutzer Angaben zu seiner Person, zum Benutzungsvorhaben und Benutzungszweck sowie darüber machen ob die Ergebnisse seiner Nutzung veröffentlicht werden sollen. Wollen Nutzer im AdP wissenschaftlich arbeiten müssen sie auch noch die Art der wissenschaftlichen Arbeit sowie ggf. die Hochschule und den Namen des betreuenden Hochschullehrers angeben. Gemäß § 6 der Archivordnung erteilt dann das AdP in der Regel für ein Jahr die Benutzungsgenehmigung. (AWI-DIREKTORIUM 2011) Ausgehend von dem im Antrag angegebenen Benutzungszweck bzw. vom Forschungsgegenstand wählt der Archivar anschließend die in Frage kommenden Bestände aus und legt – soweit schon vorhanden – dem Archivbenutzer die sich darauf beziehenden Findbücher bzw. Findhilfsmittel wie Aktenpläne, Bewertungsprotokolle o.ä. vor. Daraus wählt der Nutzer dann die Archivalien aus und bestellt diese Unterlagen beim Archivar. Dieser legt ihm die Unterlagen dann zur Einsicht vor.

Die Archivnutzer sollen sich aber auch schon vor ihrem Besuch im AdP über dessen Bestände informieren können. Daher sollen zukünftig Informationen über die Bestände des Archivs im Internet recherchierbar sein. Die dazu notwendige Datenbank befindet sich bereits im Aufbau, und eine Internetpräsenz des Archivs wird gerade geplant. Sie wird allerdings frühestens Ende des Jahres 2012 online gehen.

Wenn Rechtsvorschriften insbesondere des Bremischen Datenschutzgesetzes und des Urheberrechts dem nicht entgegenstehen (z.B. DUSIL 2008 zu den Problemen des Urheberrechts bei der Benutzung von archivierten Fotos.), können die Schutzfristen von gesperrten Beständen nach § 9 Abs. 3 der AdP-Archivordnung grundsätzlich auch verkürzt werden. Bei personenbezogenem Schriftgut ist dies allerdings nur in drei Fällen möglich:

1. Die Person, auf die sich das Archivgut bezieht, oder im Falle seines Todes seine Nachkommen, müssen dazu ihr Einverständnis geben.
2. Die Nutzung dieses Archivgutes dient der Behebung einer bestehenden Beweisnot oder ist aus sonstigen rechtlichen Interessen notwendig.
3. Die Nutzung dient einem Forschungsvorhaben und es ist sichergestellt, dass schutzwürdige Belange der Betroffenen nicht beeinträchtigt werden, oder das öffentliche Interesse an der Durchführung des Forschungsvorhabens ist erheblich höher einzuschätzen als die schutzwürdigen Belange Dritter. (AWI-DIREKTORIUM 2011)

Damit die Sperrfristen von Beständen nun verkürzt werden können, müssen die Nutzer gemäß § 9 Abs. 4 der Archivordnung beim AdP einen weiteren schriftlichen Antrag stellen (AWI-DIREKTORIUM 2011). Bezieht sich der Antrag des Nutzers auf personenbezogenes Schriftgut, muss der Nutzer nach § 9 Abs. 4 zusätzlich zum Antrag entweder die schriftliche Einwilligungserklärung der betroffenen Person oder seiner Angehörigen vorlegen oder aber begründen, warum eine Schriftgutverkürzung unerlässlich ist. Gemäß § 9 Abs. 4 kann das AdP vom Nutzer verlangen, dass er dem Antrag ergänzende Angaben und Unterlagen, bei Hochschularbeiten auch Stellungnahmen des akademischen Lehrpersonals hinzufügt (AWI-DIREKTORIUM 2011). Über den dann vollständigen Antrag des Nutzers auf Sperrfristverkürzung entscheidet das AWI. Das Institut teilt dem Nutzer seine Entscheidung schrift-

lich mit. Erst, wenn die positive Entscheidung des Instituts zur Verkürzung der Sperrfrist vorliegt, darf der Archivar dem Nutzer Unterlagen aus den darauf bezogenen Beständen vorlegen. (vgl. KOTTE 2008 zu dem hier skizzierten Verfahren)

FUNKTIONEN DES ARCHIVS

Indem das AdP seine in den Abschnitten „Archivierung im AdP“ und „Benutzung von Archivgut im AdP“ dargestellte Archivierungsaufgabe bearbeitet, ist es in der Lage, seine in § 2 der Archivordnung festgelegten Funktionen zu erfüllen: Dadurch, dass es schriftliche Unterlagen mit Bezug zur Polarforschung und zum AWI erfasst und bewertet, und dadurch, dass es archivwürdige Unterlagen zu diesen Themen erschließt, erhält und bereitstellt, erfüllt das Archiv die Funktion eines Gedächtnisses sowohl für die Polarforschung als auch für das Institut. Seine Bestände können der nationalen Polarforschung und dem Institut als Informations- und Wissensressource zur Orientierung bei der Planung und Durchführung von künftigen wissenschaftlichen Aktivitäten dienen. Mit der Übernahme der Gedächtnisfunktion ermöglicht und fördert das AdP außerdem die wissenschaftshistorische Erforschung der deutschen Polarforschung und des Instituts, denn es archiviert die historischen Quellen, welche auch für die Wissenschafts- und Technikgeschichte unverzichtbar sind, um wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen (AWI-DIREKTORIUM 2011).

Mit der Erfüllung seiner Archivierungsaufgabe ist das AdP ferner in der Lage, die im § 2 der Archivordnung vorgesehene Informations- bzw. geschichtsbewusstseinsbildende Funktion mit Bezug auf die Polarforschung zu erfüllen (AWI-DIREKTORIUM 2011). Es kann im Rahmen seiner Arbeit der geneigten Öffentlichkeit sowohl immer wieder interessante Dokumente aus der Geschichte der Polarforschung bzw. des AWI als auch dabei anfallende wissenschafts- und technikhistorische Ergebnisse zu diesen Gegenständen präsentieren. Auf diese Weise trägt das AdP dazu bei, dass sich die Öffentlichkeit informiert mit der deutschen Polarforschung und mit dem AWI auseinandersetzen kann. Darüber hinaus hilft das Archiv über die Erfüllung seiner Archivierungsaufgabe mit, die Identifikation der in der deutschen Polarforschung und im AWI tätigen Beschäftigten mit dieser nationalen Aufgabe und mit dem Institut zu steigern. Dies geschieht dadurch, dass es gestützt auf seine Archivierungsergebnisse die für ihn vorgesehene Informations- bzw. geschichtsbewusstseinsbildende Funktion regelmäßig wahrnimmt. Auf diese Weise vermittelt es den Beschäftigten in den genannten Bereichen die historische Dimension und Bedeutung ihres Tuns, ermöglicht ihnen also einen Blick über ihren zeitlichen Horizont hinaus auf eine mehr als 150- bzw. auf eine mehr als 30-jährige Geschichte der deutschen Polarforschung bzw. des AWI.

SCHLUSS

Nach dem bis hierher Gesagten dürfte deutlich geworden sein, dass das Archiv in der kurzen Zeit seit seiner Gründung schon viel erreicht hat. Es stehen Magazinräume mit Archivmöbeln zur Verfügung die für den langfristigen Erhalt von für die deutsche Polarforschung relevantem Archivgut geeignet sind. Ein kompetenter Archivar hat bereits eine umfangreiche

Menge solchen Guts ins Archiv übernommen und ist dabei es modernen Hilfsmitteln (Archivsoftware) zu archivieren. Er selbst, eine auf das BremArchG fußende Archiv- und Nutzerordnung und die Einbettung des Archivs in das bestehende Archivnetzwerk sorgen für Einhaltung der für die Archivierung von Archivgut notwendigen archivrechtlichen und archiwissenschaftlichen Standards und damit sowohl für den Schutz bzw. für den Erhalt als auch für die Zugänglichkeit des Archivguts. Das AdP kann demnach seine Archivierungsaufgabe und die in seiner Ordnung festgelegten Funktionen, die vor allem mit den Termini „Gedächtnis“, „Wissensressource für die Wissenschafts- und Technikgeschichte“, aber auch mit den Begriffen „Information und Bewusstseinsbildung“ und „Identifikation“ beschrieben werden können, erfüllen. Daher ist zu erwarten, dass die Ergebnisse der Arbeit des Alfred-Wegener-Archivs erhalten werden können. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass in Zukunft eine umfangreiche und qualitativ hochwertige Überlieferung für die Polarforschung und für das AWI gebildet werden kann. Diese Überlieferung – so kann mit einiger Berechtigung vermutet werden – wird zukünftig wenn nicht allen, so doch möglichst vielen Nutzern zugänglich gemacht werden können.

Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis

- AK *Digitale Langzeitarchivierung - Arbeitskreis Digitale Langzeitarchivierung in der Fachgruppe 8 Archive der Hochschulen* (2011): Digitale Langzeitarchivierung als Aufgabe für Archive von Hochschulen und wissenschaftlichen Institutionen.- Online unter: http://www.vda.archiv.net/index.php?eID=tx_nawsecured&u=2226&file=uploads/media/FG8_DLZA_Einfuehrung_Archive_2011.pdf&t=1334403578&hash=efd3c749ea41e3807f30dd9c62b14758, zuletzt aktualisiert am 22.07. 2011, zuletzt geprüft am 11.04.2012.
- AWI-Direktorium - *Direktorium des Alfred-Wegener-Instituts* (2011): Archiv- und Benutzungsordnung des Archivs für deutsche Archivordnung am Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven.- Online unter http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/Infrastructure/Library/pdf/Archivordnung_gezeichnet.pdf, zuletzt aktualisiert am 15.06.2011, zuletzt geprüft am 13.02.2012.
- Dusil, St. (2008): Zwischen Benutzung und Nutzungssperre. Zum urheberrechtlichen Schutz von archivierten Fotografien.- *Der Archivar* 61(2): 124-132.
- Fleischmann, K. (2005): Zu den Kältepolen der Erde. 50 Jahre deutsche Polarforschung.- 1. Aufl. Bielefeld: Delius Klasing.
- Haberdtz, A. (1992): Kleine Mühlen – große Wirkung. Maßnahmen der passiven Konservierung bei Lagerung, Verpackung und Nutzung von Archiv- und Bibliotheksgut, o.O. 1992.- Online unter: http://www.landesarchivbw.de/sixcms/media.php/120/47093/weber_1992_haberdtz.pdf, zuletzt aktualisiert am 30.08.2005, zuletzt geprüft am 14.05.2012.
- Hillen, Chr.: Industrie- und Handelskammer zu Köln: Stiftung Rheinisch-Westfälisches Wirtschaftsarchiv zu Köln: Zielsetzung. Online unter http://www.ihkkoeln.de/16326_Stiftung_Rheinisch_Westfaelisches_Wirtschaftsarchiv?ActiveID=1468, zuletzt geprüft am 12.04.2012.
- Höötman, H.-J. & Tiemann, K. (2000): Archivische Bewertung - Versuch eines praktischen Leitfadens zur Vorgehensweise bei Aussonderungen im Sachaktenbereich.- *Archivpflege in Westfalen und Lippe*, 52: 1-11.
- Kotte, J. (2008): Das Verwaltungsverfahren bei Schutzfristverkürzungen.- *Der Archivar* 61(2): 133-137.
- Kretzschmar, R. (2005): Positionen des Arbeitskreises Archivische Bewertung im VdA - Verband deutscher Archivarinnen und Archivare zur archivischen Überlieferungsbildung. Einführung und Textabdruck.- *Der Archivar* 58(2): 88-93.
- Landesarchivdirektion Baden-Württemberg (2001): Richtlinien für Titelaufnahme und Repertorisierung von Aktenschriftgut des 19. und 20. Jh.- Online unter http://www.landesarchivbw.de/sixcms/media.php/120/48039/richtlinien_aktenschriftgut.pdf, zuletzt aktualisiert am 22.10.2002, zuletzt geprüft am 11.04.2012.
- Liste der Hochschularchive - Liste der Hochschularchive in Deutschland.- Online unter http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Hochschularchive_in_Deutschland, zuletzt aktualisiert am 13.03.2012, zuletzt geprüft am 13.04.2012.
- Löschke, S. (2011): Die Schatzkammer unter dem Dach. Dr. Christian Salewski baut das Archiv für deutsche Polarforschung auf.- In: @awi. Nachrichten aus dem Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung,

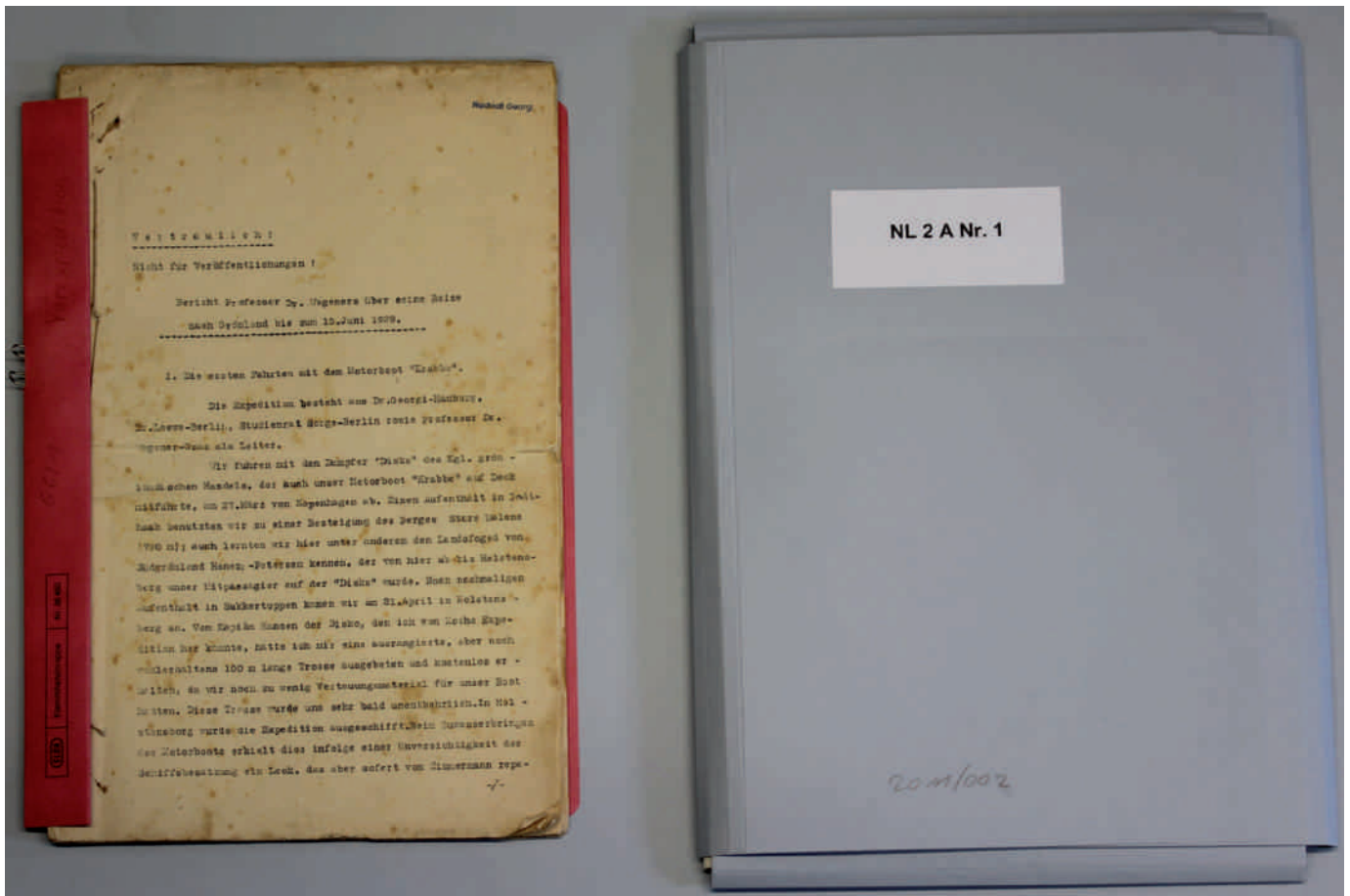


Abb 1: Von der Akte zur Archivalie – Das Ergebnis von Maßnahmen passiver Bestandserhaltung.

- 20.12.2011, S.3. Online unter http://www2.awi.de/fileadmin/Presse/Mitarbeiterzeitung/Mitarbeiterzeitung_2011/_awi_Ausgabe_5_ohne_Druckraender.pdf, zuletzt geprüft am 05.04.2012.
- Lüdecke, C. (1995): Zum 100. Geburtstag von Max Grotewahl (1894-1958), Gründer des Archivs für Polarforschung.- *Polarforschung* 65: 93-105.
- Menne-Haritz, A. (2006): Schlüsselbegriffe der Archivterminologie. Lehrmaterialien für das Fach Archivwissenschaft. 3. Aufl. Marburg: Archivschule Marburg.
- Müller, H. (2010): Die Erschließung von Nachlässen und der Datenschutz.- *Recht Bibliothek Dokumentation RBD* 40 (2/3): 81-89.
- Müller, W. (Hrsg) (2007): Dokumentationsziele und Aspekte der Bewertung in Hochschularchiven und Archiven wissenschaftlicher Institutionen. Beiträge zur Frühjahrstagung der Fachgruppe 8 - Archivare an Hochschularchiven und Archiven wissenschaftlicher Institutionen - des Verbandes deutscher Archivarinnen und Archivare am 23. und 24. März 2006 an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Papritz, J. (1997): Die archivische Titelaufnahme bei Sachakten. 6. Aufl. Marburg: Archivschule, Inst. f. Archivwiss.
- Plassmann, M. (2009): Das Dokumentationsprofil für Archive wissenschaftlicher Hochschulen.- *Der Archivar* 62(2): 132-137.
- Senat Bremen (23.09.1997) - *Senat der Freien Hansestadt Bremen* (23.09.1997): Gesetz zur Errichtung einer Stiftung des öffentlichen Rechts „Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“. Online unter http://www2.awi.de/de/verwaltung/regelungen/214_errichtungsgesetz_vom_23091997/, zuletzt geprüft am 05.04.2012.
- Senat Bremen AWISiG - *Senat der Freien Hansestadt Bremen* (2012): Stiftungsgesetz Alfred Wegener Institut (AWISiG). Verkündungsstand 05.02.2012. In Kraft ab: 12.12.2011. Online unter <http://bremen.beck.de/?vpath=bibdata%2fges%2fbrawistg%2fcont%2fbrawistg.p5.htm&mode=all>, zuletzt geprüft am 05.04.2012.
- Staatliche Archivverwaltung Baden-Württemberg (2004): Richtlinien für die Titelaufnahme und Repertorisierung von Nachlässen. Online unter http://www.landesarchivbw.de/sixcms/media.php/120/47208/richtlinien_nachlaesse.pdf, zuletzt aktualisiert am 11.01.2005, zuletzt geprüft am 11.04.2012.
- Stadt Bremen (20.01.2005) - *Freie Hansestadt Bremen*: Gesetz über die Sicherung und Nutzung öffentlichen Archivguts im Lande Bremen. Bremisches Archivgesetz - *BremArchivG*, vom 07.05.1101 ergänzt durch die Berichtigung v. 10.04.1992 (BrGBl Nr. 14: 59). Online unter <http://www.staatsarchiv.bremen.de/sixcms/media.php/13/Archivgesetz.pdf>, zuletzt geprüft am 22.02.2012.
- Vda - Verband deutscher Archivarinnen und Archivare e. V.: Fachgruppe 8: Archive der Hochschulen sowie wissenschaftlicher Institutionen. Online unter <http://www.vda.archiv.net/fachgruppen/fachgruppe-8-archiv-der-hochschulen-sowie-wissenschaftlicher-institutionen.html>, zuletzt geprüft am 13.02.2012.
- Voß, J.: Dokumente zur Lebensgeschichte Alfred Wegeners und zu seiner letzten Grönland-Expedition im Alfred-Wegener-Archiv, Bremerhaven. Documents on the Life History of Alfred Wegener and His Last Greenland Expedition in the Alfred Wegener Archive, Bremerhaven.- *Ber. Geol. Bundesanstalt* Bd. 35: 359-366.

Und sie bewegen sich doch ... – 100 Jahre Theorie der Kontinentverschiebung – ein Symposium am Senckenberg-Museum

von Reinhard A. Krause

„O heiliger Sankt Florian, verschon das Haus, zünd' andere an“ diese Beschwörung zitierte der bekannte Geologe Max Semper (1870-1954) im Centralblatt für Mineralogie, um damit eine neue Idee zu bannen (SEMPER 1917). Was war vorgefallen? Was hatte die Geologen, gewohnt in Jahrmillionen zu denken, derartig in Unruhe versetzt? Wer war der „Brandstifter“, vor dem man sich fürchtete? Mit dieser Frage beginnt ein kurzer, aber faktenreicher Artikel, der anlässlich der 100jährigen Wiederkehr des Referats Alfred Wegeners erschien, in dem dieser erstmals seine Hypothese von der Verschiebung der Kontinente vorstellte (KRAUSE et al. 2012). Wegeners Vortrag „Die Herausbildung der Großformen der Erdrinde (Kontinent und Ozeane)“ fand am 6. Januar 1912 im Rahmen der Jahresversammlung der Geologischen Vereinigung im Senckenberg-Museum in Frankfurt a.M. statt.¹

Mit einem Symposium und der eindrucksvollen, interaktiven Sonderausstellung „Weltbewegend – Alfred Wegeners Theorie wird 100“, die über mehrere Bereiche des Museums präsentiert wird, erinnerten das Senckenberg Forschungsinstitut Frankfurt und das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven (AWI) am 6. Januar 2012 gemeinsam an diesen für die Entwicklung der Geowissenschaften historischen Tag. In sieben Vorträgen wurden verschiedene Aspekte des Wegenerschen Schaffens beleuchtet. In dem öffentlichen Abendvortrag gab Reinhard A. Krause (Abb. 1) eine zusammenfassende Darstellung des Wirkens und der Leistungen Alfred Wegeners.

Der Veranstaltungsort, der Festsaal des Museums, war allerdings nicht der Raum, in dem Wegener 1912 seinen Vortrag gehalten hatte, musste Volker Mosbrugger, der Generaldirektor des Senckenberg-Forschungsinstituts, in seiner stimmungsvollen Begrüßungsrede einräumen. Dieser Saal ist späteren Umbauten des in den Jahren 1904 bis 1907 errichteten Museums geopfert worden.

Großen Applaus in Abwesenheit erhielt der stellvertretende Direktor des AWI Heinrich Miller, der in einem Telefonbeitrag besonders darauf hinwies, wie eng die heutige Polar- und Meeresforschung noch mit den Arbeiten Wegeners verknüpft ist.

Auf das Symposium einstimmend, zeichnete der Geologe und Fachredakteur Ulrich Wutzke als kenntnisreicher Biograph Wegeners, dessen Lebensweg nach.

Wolfgang Jakoby von der Universität Mainz näherte sich dem überaus interessanten Thema der Entwicklung der Verschiebungstheorie und sprach an, was nur wenigen Hörern gegenwärtig war: Wegener hatte bereits 1912 und zuletzt in der 4. Auflage seines Buches „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ die Mantelkonvektion als Antriebsmechanismus für die Kontinentverschiebung erwogen, diese Idee aber offensichtlich nicht mit dem nötigen Nachdruck verfolgt.

Rolf Schroeder vom Senckenberg-Forschungsinstitut erinnerte an die Darstellungen sich verschiebender Kontinente die vor Wegeners Theorie erschienen, insbesondere an jene von Antonio Snider-Pellegrini (1802-1885), die dieser 1858 veröffentlicht hatte. Schröder präsentierte vor allem die paläontologischen Aspekte und Argumente, die für Wegeners Idee sprachen – ein Thema, das Alan Lord, vom Senckenberg-Forschungsinstitut, noch vertiefte, mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Ostrakoden (Muschelkrebse) beiderseits des Atlantiks. Für den geologischen Laien war Lords Feststellung beeindruckend, dass die westafrikanischen Erdölfelder tatsächlich an der entsprechenden Nahtstelle der Ostküste Südamerikas ihre Fortsetzung finden.



Abb. 1: Vortragender und Organisatoren des Symposiums (v.l.) Reinhard Krause, Volker Mosbrugger und Eberhard Schindler am 6. Januar 2012 im Vortragssaal des Senckenberg-Museums (Foto: Senckenberg).

¹ Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Am Alten Hafen 26, D-27568 Bremerhaven.

1924 hatte Wegener zusammen mit seinem Schwiegervater Wladimir Koeppen das bahnbrechende Werk „Die Klimate der geologischen Vorzeit“ publiziert, in dem die Autoren die Kontinent- und Polwanderung kombinieren und die Milankovitch-Zyklen als Klimatrigger einführen. Diesem Thema widmete sich der Vortrag des früheren Direktors des AWI und Kenners Wegeners, Jörn Thiede.

Der Geologe Karsten Piepjohn präsentierte in seinem reich bebilderten Vortrag ein Lehrstück zum Thema Kontinentdrift, in dem er den Weg der Inselgruppe Spitzbergen über 600 Millionen Jahre vom Südpol zum Nordpol verfolgte, wobei er für die verschiedenen Zeitabschnitte jeweils die Position des Krustenstücks auf dem Globus und die paläoökologische Situation nachzeichnete.

Abgeschossen wurde die Vortragsserie durch Frank Wilhelms vom AWI mit einer Darstellung der aktuellen internationalen Forschungen zu Eisschilden und über Eiskernbohrungen einem wichtigen Mittel zur Rekonstruktion des Klimas vergangener Epochen.

Das Symposium in Frankfurt war nicht die einzige Veranstaltung zum Jubiläum der Kontinentdriftthese. Die Universität Marburg hat im Studium Generale des Wintersemesters 2011/12 diesem Ereignis eine ganze Vorlesungsserie gewidmet. Von den insgesamt 14 vortragenden Wissenschaftlern waren vier vom AWI. Die Themen bewegten sich von einer Biographie Alfred Wegeners über Beiträge zur Atmosphärenforschung bis zu geophysikalischen Fragen und es war kein Zufall, dass 100 Jahre nachdem Wegener am 10. Januar 1912 in seinem Dienort Marburg die Verschiebungstheorie vorgestellt hatte, diese in einem Vortrag von Reinhard A. Krause, AWI, erläutert und diskutiert wurde.

Auch im Ausland wurde der Wegenerschen Verschiebungstheorie gedacht. Am 8. Februar fand in der Universität Oslo ein Alfred-Wegener-Seminar statt, das durch einen Vortrag von Jörn Thiede eingeleitet wurde, anlässlich dessen auch Ausschnitte aus dem Wegenerschen Expeditionsfilm gezeigt wurden.²

Neben den universitären Veranstaltungen haben fast alle großen deutschsprachigen Tageszeitungen – zum Teil umfangreiche – Artikel zu Wegener und seiner These von der Verschiebung der Kontinente veröffentlicht. Beachtlich ist auch der Artikel in der Märzausgabe 2012 der Monatszeitschrift GEO. Die Zahl der Radio- und Fernsehinterviews, die von Mitarbeitern des AWI zu dem Thema abgegeben wurden, liegt im zweistelligen Bereich. Anfragen zu Wegener erreichten das AWI aus der ganzen Welt. So plante z.B. ein renommierter schwedischer Fernsehsender eine umfangreiche Dokumentation zur Verschiebungstheorie. Als Drehorte waren Marburg, Frankfurt und Bremerhaven im Gespräch. Das ZDF hat am 5. Februar 2012 im Rahmen ihrer populären Wissensscharreihe „Terra X“ eine Dokumentation zu Alfred Wegener ausgestrahlt.

Das große wissenschaftliche und öffentliche Interesse an Wegener und seinem Werk ist Anlass, eine Reflexion zu dem Thema beizusteuern. Diese ist fokussiert auf den Aufsatz WEGENER (1912) und die vier Auflagen seines Buches „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ (1915, 1920, 1922,

1929, nachfolgend zitiert als EKO 1 – 4). Vom Frühling 1912 bis zum November 1928 variieren Wegeners Argumentationen gelegentlich. Korrekterweise müsste man bei der Kommentierung mancher der Ausführungen zur Kontinentverschiebung bis zu fünf, gelegentlich sogar sechs Zitate anführen, wenn man auch das Buch „Die Klimate der geologischen Vorzeit“ (KOEPPEN & WEGENER 1924) mit einbeziehen muss. Das ist im Rahmen der vorliegenden Reflexion nicht intendiert. Hinzu kommt, dass bei allem Scharfsinn und bei aller Sorgfalt, die Wegener in vielen Punkten demonstriert, der aufmerksame Leser Inhomogenitäten und sogar Widersprüche, nicht nur zwischen den verschiedenen Ausgaben, entdecken kann. Es wäre eine aus wissenschaftshistorischer Sicht lohnende Aufgabe Wegeners Fortschreibung der Theorie samt ihrer Rezeptionsgeschichte darzustellen. Im Folgenden wird lediglich der Versuch gemacht die Hauptlinien der Wegenerschen Gedanken und Aussagen herauszuheben und gelegentlich zu kommentieren.

Erstaunlich ist, dass Wegener bereits im Aprilheft 1912 von Petermanns Mitteilungen, eben zwei Monate nach seinem Frankfurter Vortrag, unter dem Titel „Die Entstehung der Kontinente“ einen zweifellos bahnbrechenden Aufsatz veröffentlichte (WEGENER 1912), der als Fundament für EKO 1-4 anzusehen ist. Der Titel kann allerdings leicht missverstanden werden. Über die Genese der Landmassen wird nur in einem kleinen Absatz spekuliert. Das hauptsächliche Thema ist die Entwicklung der Aufteilung und Verteilung der Kontinente und Ozeane auf geologischer Zeitskala – das derzeitige Antlitz der Erde als Folge von Landmassenerfall und Verschiebung – ausgehend von einem Urkontinent, den Wegener „Pangaea“ nannte.³

Dass Wegener im Zusammenhang mit seinem ersten Aufsatz bereits auf eine große Literaturmenge zurückgreifen konnte verdankte er zu einem erheblichen Teil den Kollegen an der Marburger Universität. In einem Brief an Wladimir Köppen schrieb er:⁴ „Die Geologen stöbern alles, was ich brauche, auf, und legen es mir vor, so dass ich 9/10 der Arbeit spare. Sonst bräuhete ich noch Monate, um so weit zu kommen, wie ich jetzt bin.“

Diese Aussage ist sicher auch gültig für die erste Buchfassung zur Verschiebungstheorie „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ von 1915 (EKO 1). Im Vorwort dieses 94seitigen Werkes dankt er speziell dem Geologen Hans Cloos (1885-1951), der sich 1914 in Marburg habilitierte.

Es ist berechtigt, nach dem Anspruch von „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ zu fragen. Es ist kein Lehrbuch und es produziert und begründet, auch wenn Wegener von Kontinentalverschiebungstheorie (EKO 1-3) und Kontinentverschiebungstheorie (EKO 4)⁵ spricht, keine Theorie im klassischen naturwissenschaftlichen Sinne, an die man u.a. den Anspruch einer gewissen Geschlossenheit stellt.⁶ Herauszustreichen ist allerdings: Es gibt einen „Theoriekern“ und der alleine ist so gewichtig, dass er, wie man es von einer Theorie verlangen darf, Prognosen erlaubt.

Das Buch ist durch seinen deduktiven Charakter geprägt. Am Anfang steht die Theorie. Nachdem die alten Modelle, Landbrücken- und Kontraktionstheorie, verworfen werden, ist es zunächst eine Sammlung von Beweisen für die Verschiebungstheorie, die durch zusätzliche Erläuterungen untermauert

werden. Die Theorie ist noch in der Entwicklung begriffen, wie Wegener gelegentlich anklingen lässt.

Immer wieder wird die Frage gestellt, wie Wegener auf die Idee der Kontinentverschiebung kam, bzw. wieso er sich als Meteorologe derartig intensiv mit einer Sache beschäftigte, die der Geologie oder der Geophysik zuzuordnen wäre. Dabei wird immer wieder die Begebenheit kolportiert, die Wegener tatsächlich in einem Brief erwähnt, nämlich, dass ihm die Parallelität der Küsten Südamerikas und Afrikas in die Augen gesprungen sei. Der eigentliche Anstoß, sich mit der Sache tiefer zu befassen, stammt aber von der Lektüre eines „Sammelreferats“. Was ihn an diesem Text besonders reizte, erwähnt er nicht⁷ und es ist nicht sicher, um welche Schrift es sich gehandelt hat. Man kann davon ausgehen, dass sein Interesse dadurch geweckt wurde, dass hier zwei Lehrmeinungen vertreten wurden, die er für falsch hielt:

1. Die Landbrückentheorie – die Idee, dass in geologischer Vorzeit zwischen den Kontinenten, wie wir sie heute kennen, verschiedene Landverbindungen existierten, über die der Austausch von Fauna und Flora, den die Paläontologen zweifelsfrei nachgewiesen hatten, erfolgt sein sollte.⁸

2. Die Kontraktionstheorie – ein Schrumpfen des Globus, das die Gebirgsbildung erklären sollte.

Wegener konnte bereits auf die Erkenntnis zurückgreifen, dass sich die Oberfläche der Erde in zwei Klassen teilt, in Kontinentfläche und Meeresboden – mit anderen Worten: die Häufigkeit der Höhe der Erdoberfläche ist auf zwei Extrema verteilt, was sich deutlich in der sogenannten hypsometrischen Kurve spiegelt.⁹ Dass, was uns derzeit als trivial erscheint, war damals durchaus nicht selbstverständlich, da die Topographie des Meeresbodens nur sehr mangelhaft bekannt war. Akzeptiert man die hypsometrische Einteilung, die insbesondere die Tatsache der steilen kontinentalen Ränder widerspiegelt, kommt man zu einem weiteren Schritt, zu der Frage nach der chemischen Zusammensetzung der Kontinente und der Ozeanböden. Es stellt sich heraus, dass diese differieren – sie präsentieren sich als „Sial“ (Silizium und Aluminium) und „Sima“ (Silizium und Magnesium). Das Sial, das die Kontinente bildet (im wesentlichen Granit und Gneis und deren Verwitterungsprodukte) hat ein geringeres spezifische Gewicht als das Sima (im wesentlichen Basalt). Damit drängt sich der Gedanke auf, das Sial könnte irgendwie auf dem Sima schwimmen, wie Schollen auf dem Wasser. Es ist also ganz naheliegend, dass, wenn diese Fragmentierung existiert,¹⁰ sie seit langem existiert – d.h. Kontinente müssen sehr alt sein, vor ewigen Zeiten entstanden und können nicht untergehen und selbstverständlich konnten Landbrücken, wenn sie denn existierten, auch nicht untergehen oder verschwinden. Dieser Sachverhalt – das, was Wegener herausstreicht – lässt sich auch so formulieren: Nie war der Ozeanboden Bestandteil von Kontinenten.

Wie Wegener mit dem „Landbrückentheorem“ umgeht, ist ein Paradebeispiel für seine Art zu denken und zu argumentieren. Er weiß, dass alle Paläontologen und Biogeographen auf mehr oder weniger ausgedehnte Landbrücken fixiert sind. Ohne die Annahme derselben können sie ihre Ergebnisse nicht erklären und er folgert: Die „Landbrückensucht“ ist der beste Beweis für die Verschiebungstheorie.

Ein weiterer Punkt, der Wegener von Beginn an gestört hat, war die Idee – was Deutschland betraf, darf man von einer

Lehrmeinung sprechen – der Globus, unsere Erde, würde im Laufe der Zeit auskühlen und in Folge der Abkühlung schrumpfen, wobei sich an seiner Oberfläche Runzeln bilden, wie auf einem lagernden Apfel. Diese so genannte Kontraktionstheorie sollte die Orogenese erklären.

Schon der Vergleich hinkte fürchterlich. Wenn man einen Apfel kühlt, wird dieser nicht schrumpelig. Der Apfel schrumpelt, weil er Flüssigkeit, d.h. Masse verliert. Diesem Bild entsprechend, müsste die Erde innen stärker schrumpfen als außen. Eine homogen geschichtete Kugel, die sich abkühlt, bildet keine Runzeln. Aber selbst, wenn es zu einem so genannten „Gewölbedruck“ käme (vgl. z.B. KREICHGAUER 1902), könnte dieser nie durch Molekularkräfte aufgefangen werden und zur Gebirgsbildung beitragen (WEGENER 1912, S. 186/7), sondern das Ganze würde in Bruchstücken enden. Außerdem müsste sich der Vorgang über den gesamten Globus erstrecken, was nicht mit der Existenz von Grabenbrüchen zu vereinbaren ist, die Zerrungszonen sind.

Wegener weist schon in seiner Veröffentlichung von 1912 darauf hin, dass für ihre jüngere Lebensphase eine Abkühlung der Erde nicht bewiesen ist, da nach neueren Erkenntnissen radioaktive Prozesse im Erdinneren angenommen wurden.

Natürlich taucht auch die Frage auf, warum der Unterschied zwischen Meeresboden und Kontinenten besteht. Wegener erläutert die Sache wie folgt: Er postuliert zunächst eine Panthalassa, ein 3 km tiefes, den gesamten Globus bedeckendes Urmeer, darunter soll sich dann die etwa 30 km dicke Sialschicht befinden. Diese Schicht reißt auf – die Frage nach den Kräften die das bewirken wird zurückgestellt – es kommt dann anschließend zu Kollisionen. Kollisionen bedeuten aber Zusammenschub. Und da dieser Zusammenschub unter der Bedingung der Isostasie¹¹ stattfinden muss, folgt daraus eine Verdickung. Und diese Verdickung bewirkt, dass die Kontinente aus der Panthalassa herauswachsen. Über mögliche Zerrspannungen im Sial so Wegener, kann dieser Vorgang nicht rückgängig gemacht werden. Vielmehr würden diese bestenfalls zu einer Fragmentierung desselben führen. Wir haben also genau den Fall, den man aus der Praxis kennt. Kommt Druck auf ein Eisfeld, überschieben sich die Schollen, backen zusammen und bilden *ridges*. Durch eine Zerrspannung kann zwar das Eisfeld wieder zerfallen, die Höhe bzw. Dicke der neu entstandenen Schollengebilde aber nicht rückgängig gemacht werden.

Bis in die Mitte der 1920er „ignorierte“ Wegener die „MOHO“, die heute allgemein akzeptierte Grenzfläche zwischen Erdkruste und oberem Mantel, die seit 1910 ansatzweise bekannt war und die heute im Rahmen der Plattentektonik eine Rolle spielt.¹² In der EKO 4 (S. 53-60) diskutiert Wegener allerdings die Existenz von relativ leichtflüssigen zusammenhängenden Schichten ausführlich. Er führt aus, dass die Existenz derartiger Schichten der Verschiebungstheorie nicht widersprechen würde, auch wenn diese nur zwei verschiedene Oberflächenelemente zur Charakterisierung der äußeren Erdschichten benötigt, die Kontinente – das granitische Sial – und den Meeresboden – das basaltische Sima. Man beachte allerdings, dass die häufig reproduzierte schlichte Skizze „Schnitt im größten Kreise durch Südamerika und Afrika in getreuen Größenverhältnissen“ letztmalig in EKO 3 verwendet wird (Fig. 28 S. 101). Bei der Diskussion die

Wegener zu diesem Themenkomplex liefert, wird besonders deutlich dass die Datenlage Ende der 1920er nicht hinreichte um zu abschließenden Urteilen zu gelangen. Tatsächlich dauerte es bis in die 1970er Jahre bevor die Datenlage sicherere Aussagen ermöglichte.

Im Rahmen der von Wegener angeführten geophysikalischen Argumente ist ein weiterer Sachverhalt von Bedeutung und von wissenschaftshistorischer Brisanz. Noch in der dritten Auflage spricht Wegener von der „*Schlichkeit der Tiefseeböden*.“ Wörtlich: „*In dieser größeren Schlichkeit tut sich eine größere Plastizität, ein höherer Grad von Flüssigkeit der Tiefseeböden kund.*“ Dieses grundsätzlich richtige Argument benutzt Wegener (EKO 3, S. 27), um die Mittelozeanischen Rücken zu relativieren, d.h., um diese kleinzureden. Und in EKO 4 sagt Wegener sinngemäß, die Ergebnisse der Lotungen der Deutschen Atlantischen Expedition mit dem Forschungsschiff „Meteor“¹³ wären noch nicht hinreichend ausgearbeitet, um sie in seine Betrachtungen einzubeziehen.

Es gibt ein weiteres geographisch-ozeanographisches Faktum mit dem Wegener ringt und zu dem er keine eindeutige Stellungnahme einnehmen kann. In EKO 4 von 1929 sagt er: „*Über die Natur der Tiefseerinnen lässt sich wohl auf Grund der bisherigen Beobachtungen noch kein abschließendes Bild gewinnen.*“ Und seine Diskussionen in diesem Zusammenhang, z.B. betreffend die Tiefseeergräben vor der Südamerikanischen Westküste, sind inkonsistent, wenn nicht widersprüchlich.

Zusammenfassend darf man konstatieren, dass sich weder für die Tiefseeergräben noch für die Mittelozeanischen Gebirge eine befriedigende Einordnung in das Wegenersche Konzept finden ließ. Daran ändern auch die „Ergänzenden Bemerkungen über die Tiefseeböden“ in EKO 4 (S. 210-219) nichts.

Bemerkenswert ist, dass Wegener die Diskussion des Mittelozeanischen Problems auch aufgreift, wenn er die Ursachen der Verschiebung betrachtet. In diesem Zusammenhang wird er deutlich konkreter. Wenn man die entsprechenden Stellen in EKO 4 (S. 182, 184) mit den heutigen Kenntnissen im Kopf liest, dann gewinnt man den Eindruck, dass Wegener nur zwei oder drei gedankliche Verknüpfungen fehlen und er hätte das Rätsel der Natur des Mittelatlantischen Rückens gelöst, diese als Spreizungszone erkannt, womit ihm der Schlüssel zur Plattentektonik in den Schoß gefallen wäre.

Aber es sei daran erinnert, Wegener war ab 1928 damit beschäftigt, Grönlandexpeditionen zu planen, um dann 1929 mit Hand- und Hundeschlitten bei -30 °C über das grönländische Inlandeis zu reisen.

Die geologischen Argumente, die Wegener zur Stützung seiner These anführte dürfen ein besonderes Interesse beanspruchen. Als Fachfremder hat sich Wegener diesbezüglich besondere Mühe gegeben. In EKO 4 nehmen diese Argumente tatsächlich fast 40 Seiten ein (S. 61-99), gegenüber knapp 30 Seiten für die geophysikalischen Begründungen. Wegener beginnt das Kapitel in der dritten Auflage mit folgenden Worten: „*Für unsere Auffassung, dass der Atlantik eine ungeheuer erweiterte Spalte darstellt, deren Ränder früher unmittelbar zusammengehangen haben, ergibt sich eine sehr scharfe Kontrolle durch einen Vergleich des geologischen Baues der beiden Seiten.*

Denn man wird erwarten dürfen, dass Faltungen und andere Strukturen, die vor dem Abriss entstanden sind, von der einen zur andern Seite hinüberführen, und zwar müssen ihre Enden beiderseits des Ozeans so gelegen sein, dass sie in der Rekonstruktion als unmittelbare Verlängerungen erscheinen.“ Wegener führt aus, dass diese Bedingungen erfüllt sind, zu Recht wie wir wissen, aber es ist zu beachten, dass es seinerzeit Fachwissenschaftler gab, die dies vehement abtritten.

Zu den geologischen Argumenten hier nur noch eine Anmerkung – in der EKO 4 beschließt Wegener das entsprechende Kapitel mit einem längeren Zitat des französischen Geologen Argand. Dieser schreibt: „*Seit 1915 und besonders seit 1918 habe ich lange den Grad der Glaubwürdigkeit der Verschiebungstheorie überprüft ...*“ und er fand keine prinzipiellen Gründe, die eine Ablehnung der Theorie notwendig gemacht hätten. Und in Bezug auf die Entwicklung der Wegenerschen Thesen schreibt er „*... Diese Arbeit der Reinigung und Verfeinerung ist sehr fühlbar in der Reihe der Veröffentlichungen von Wegener. Stark begründet in den Kreuzungspunkten von Geophysik, Geologie, Biogeographie und Paläoklimatologie, ist sie nicht widerlegt worden.*“ Und sinngemäß führt er weiter aus, dass die Einwände gegen Wegeners Ideen zwar häufiger werden, sich diese aber „*nur auf einige Nebensachen und niemals, bis jetzt, auf die lebenswichtigen Teile*“ bezogen haben.¹⁴

Um im Rahmen der vorliegenden Betrachtung zu einer gewissen Geschlossenheit zu kommen, muss noch der Begriff der Polwanderung eingeführt werden, der bei der Wegenerschen Darstellung der Verschiebungstheorie eine relativ große Rolle spielt und an unterschiedlichen Stellen seiner Werke auftaucht. Interessanterweise wurde die Vorstellung, dass in geologischen Zeiträumen Polwanderungen stattgefunden hatten, von vielen Geologen problemlos akzeptiert.

Die Wanderung der Pole ist eine Umschreibung der Verlagerungen der Rotationsachse des Erdkörpers, für die verschiedene Gründe denkbar sind – endogene und exogene und selbstverständlich Kombinationen von beiden – z.B. neben Kontinentverschiebungen, Klimaänderungen mit entsprechenden atmosphärischen und ozeanographischen Folgen, das sind im wesentlichen Vereisungen und Sedimentationen.

Man beachte – selbst bei vollständiger isostatischer Anpassung, d.h. vom Mittelpunkt der Erde aus betrachtet, liegen in allen (symmetrisch um die Rotationsachse angeordneten) Raumwinkeln gleiche Massen – können dennoch Unterschiede im Trägheitsmoment auftreten.¹⁵ Und grundsätzlich soll nach Wegener gelten, dass die vollständige Anpassung des rotierenden Erdkörpers entsprechend einer neuen Achslage – die Umorientierung des Rotationsellipsoids – verzögert vor sich geht, hingegen die Hydrosphäre der Situation stets unmittelbar folgt, wodurch sich der Rückzug des Meeres und Überschwemmungen an anderen Stellen, die in der Geologie nachgewiesenen Regressionen und Transgressionen, gut erklären lassen (z.B. EKO 4 S. 165).

Ein großer wissenschaftlicher Erfolg war das Buch, dass Wegener 1924 zusammen mit seinem Schwiegervater Wladimir Köppen veröffentlichte: „Die Klimate der geologischen Vorzeit“ (KÖPPEN & WEGENER 1924). Der Ansatz war eine Kombination zwischen Kontinent- und Polwanderung

samt der Einführung der Milankovitch-Zyklen. Milutin Milankovitch (1879-1958) hatte gezeigt, dass die Erdbahn, sowie die Neigung der Ekliptik, zyklischen Veränderungen unterliegen, durch die es, wegen des damit einhergehenden variierenden Sonnenabstandes, zu einer Änderung der Einstrahlung auf der Erde kommt, wodurch eine Klimaänderung getriggert werden kann. Mit ihrem weitgreifenden Ansatz konnten Wegener und Köppen u.a. den „Klimagürtel im Karbon und Perm“ begründen und fanden auch eine Erklärung zur Klimageschichte des Quartärs.

Das Buch ist nicht zuletzt deswegen so bedeutend, weil bei der Diskussion der klimatischen Vergangenheit der Erde, die Schwachstellen der Wegenerschen Darstellung der Kontinentdrift nicht zum Tragen kamen. Die Verschiebungstheorie wird als Tatsache angenommen. Die Probleme, die in EKO 1-3 von zentraler Bedeutung sind und die Entwicklung des Werkes kennzeichnen – angefangen bei den Ursachen der Verschiebung bis zu den Mittelozeanischen Rücken, den Tiefseegräben und die Orogenese – spielen in diesem Zusammenhang keine wesentliche Rolle. Das Werk kann aber eine Fülle von geologischen, paläontologischen und biogeographischen Problemen zwanglos erklären, womit sich an die oben wiedergegebenen Aussagen von Argand anknüpfen ließe.

Erkennbar kamen die Widerstände gegen die Verschiebungstheorie aus den Reihen der Geologen und Geographen, hingegen die Paläontologen weitgehend zustimmende Reaktionen zeigten. Wenn man dieser Behauptung quantitativ nachgehen will, sind die Notizen von Wegeners Hand in seinem persönlichen Exemplar der EKO 1 hilfreich. Wegener hat hier viele Buchbesprechungen und Literaturauszüge zitiert, zustimmende wie ablehnende. Gleiches lässt sich von dem Wegenerschen Notizbuch sagen, das dieser ab 1920 unter dem Titel „Kontinentalverschiebungen“ geführt hat.¹⁶

In der Aufzählung der wohlbegründeten und stichhaltigen geologischen Argumente die gegen die Verschiebungstheorie angeführt wurden, fehlt noch ein weiterer gravierender Punkt: Sie konnte die Orogenese nicht umfassend erklären. Tatsächlich war sie diesbezüglich nur in den Regionen schlüssig, in denen Kontinentränder kollidieren, die, wie wir heute wissen, gleichzeitig Plattenränder sind. Ein klassisches Beispiel dafür ist der Himalaya. Für die Bildung z.B. der Anden war sie unbrauchbar und die Erklärungen, die Wegener dazu versuchte, sind, vorsichtig ausgedrückt, nicht stichhaltig.

Abschließend soll hier, weil Wegener zu diesem Komplex viele Überlegungen angestellt hat, noch etwas zu den Kräften gesagt werden, die eine Kontinentbewegung bewirken sollten. Wegener führte die folgenden, theoretisch möglichen Kräfte an (EKO 1 S. 54 u. an verschiedenen anderen Stellen EKO 1-4):

1. Der Widerstand planetarischer Gase („kosmische Kräfte“).
2. „Flutkräfte“ auf Grund von gravitativen Wechselwirkungen mit anderen Körpern im Weltraum die auf den gesamten Erdkörper und auf die Atmosphäre und Hydrosphäre wirken, die ihrerseits in Wechselwirkung mit den Kontinenten stehen.
3. „Exogene Einflüsse“, die sich aus der Sonneneinstrahlung ergeben und sich niederschlagen in atmosphärischen und ozeanographischen Ereignissen (Vereisungen, Wind und Meeresströmungen, biologische Faktoren), die ihrerseits in

Wechselwirkung mit den Kontinenten stehen.

4. Magnetische Verschiebungskräfte, die sich aus den unterschiedlichen Lagen des Rotationspols und des Magnetpols ergeben – was Wegener damit meint, bleibt unklar, hierzu macht er keine weiteren Angaben.
5. Umorientierung der Abplattung der Erde wegen periodischer Polschwankungen.
6. „Polflucht des Landes“ (dazu vergl. Krause 2007). Beachtenswert ist: Endogene (thermische) Ereignisse werden in EKO 1-3 nicht angeführt. Ausnahmen sind Andeutungen und Erwähnungen zu konvektiven Prozessen im Erdinneren in dem Artikel von 1912 (!) und in EKO 4. Aber Wegener betrachtet die Sonne und benachbarte Planeten und versucht Analogien auszumachen (ab EKO 1 S. 57).

Bei diesen Betrachtungen wird einmal mehr deutlich, wie grundsätzlich Wegeners Überlegungen sind. Wiederholt weist er darauf hin, dass die Erde ein zähflüssiges Konglomerat ist, das durch Eigengravitation zusammengehalten wird. Er führt dann aus, dass in diesem Zusammenhang die molekularen Kräfte, die sich in einer dünnen, quasi starren Schicht dokumentieren, die allein wir als unsere Erde wahrnehmen, die Wirkung intersolarer oder interplanetarer „Massenkräfte“ nicht auffangen können. Gegenüber den extraterrestrischen Massenkräften sind die molekularen Kräfte, die z.B. Gesteine zusammenhalten, vernachlässigbar. Wegener diskutiert dieses am Beispiel des Jupiterflecks und sagt (EKO 1 S. 58): „*Da nämlich die verschiebenden Kräfte jedenfalls Massenkräfte sind, also mit der Größe der Weltkörper wachsen, während die Widerstände der Molekularkräfte von ihr unabhängig sind, so ist auch unter gleichen physikalischen Bedingungen zu erwarten, dass größere Weltkörper sich leichtflüssiger verhalten als kleine.*“

Eine weitere Thematik, auf die hingewiesen werden muss, weil sie im Rahmen der Verschiebungstheorie stets von Bedeutung war und von Wegener in allen Auflagen der EKO diskutiert wurde, betrifft die Rheologie – das Verformungs- und Fließverhalten von Gesteinen (und Eisschilden).

In diesem Kontext eine Anmerkung: Im Zusammenhang mit der grundsätzlichen Akzeptanz der Theorie hat die Idee eine Rolle gespielt, dass der Pazifische Ozean die Spur oder die Narbe des Mondes sei, der sich durch nicht näher bestimmbare Prozesse von der Erde abgelöst hat oder herausgerissen wurde. Diese Vorstellung dürfte, neben der Tatsache, dass Wegener auch die Mondoberfläche zu Analogiebetrachtungen verwendet (EKO 1 S. 57/58), die Ursache dafür gewesen sein, dass er sich auch mit der Entstehung von Mondkratern befasst. Dabei erledigt Wegener auch gleichzeitig das strittige Thema der Mondgenese. Er schreibt (WEGENER 1921 S. 46): „*Daher werden wir zu dem Schluss gedrängt, ... dass also der Mond durch den Zusammensturz einer großen Anzahl diskreter fester Körper entstanden ist, die in nahe beieinanderliegenden Bahnen die Sonne umkreist haben. Dieser Sammlungsprozess wird naturgemäß langsam begonnen haben ...*“

Abschließend etwas zu dem Punkt, dem Wegener besondere Bedeutung zumaß: der Nachweis der Kontinentdrift durch geodätische Methoden, d.h. durch die direkte Messung der Kontinentabstände und deren Vergleich mit Messungen, die zeitlich um einige Jahre oder besser Jahrzehnte versetzt, durchgeführt wurden.

In EKO 4 hat Wegener erstmals die „geodätischen Argumente“ an den Beginn seiner Beweisführung gestellt (EKO 4 S. 22-34). Wegener beginnt dieses Kapitel mit einer Betrachtung über die „absolute Zeitdauer der geologischen Abschnitte.“ Man beachte: 1928 liegen neben anderen Techniken erste Altersbestimmungen auf der Basis radiometrischer Methoden vor. Ein direkter Vergleich der damaligen mit den heute gültigen Daten kann hier nicht gegeben werden. Wenn man aber davon ausgeht, dass die modernen Werte um den Faktor 2-3 höher liegen als in den 1920ern, hat man einen guten Anhaltspunkt.¹⁷ Kennt man nun auf Grund beispielsweise paläogeographischer oder auch paläontologischer Befunde den geologischen Horizont, der zur Zeit der Trennung von Kontinentblöcken vorherrschte, kann man die Spreizungsgeschwindigkeit abschätzen. Wegener beurteilt die ermittelten Zeitwerte kritisch. Er weiß, dass diese leicht um 100 % falsch sein können und er weiß selbstverständlich auch um die Unsicherheit der Trennungszeiten. Bei diesen unterlaufen ihm weitere Fehler, so dass die abgeschätzten Driftgeschwindigkeiten im Bereich des Nordatlantiks um den Faktor einige Hundert zu groß sind. Im Südatlantik kommt er zu anderen Ergebnissen. Hier schätzt er die Spreizungsgeschwindigkeit auf 20 cm pro Jahr, was dem aktuellen Wert von 3,4 cm pro Jahr vergleichsweise nahe ist (EKO 4 Tabelle S. 25). Man beachte aber, in EKO 4 (S. 220) ist ein Anhang eingefügt. Hier bekennt sich Wegener zu dem neusten Ergebnis der Abstandsmessungen zwischen Amerika und Europa zu 32 cm pro Jahr.

Zusammenfassend ist zu konstatieren: Wegeners Verdienst besteht in der Zurückweisung der Lehrmeinungen von versunkenen Landbrücken und einer Schrumpfung des Globus und deren Ersatz durch die revolutionäre Vision der Kontinentverschiebung. Diese führt zu einem schlüssigeren und vor allem zu einem mit den physikalischen Gesetzen kompatiblen Bild der Entwicklung der Erdoberfläche. Ein zentraler Gedanke der Wegenerschen Vorstellung ist, dass sich das Material das die Kontinente charakterisiert, von dem das den Meeresbodens bildet, generell unterscheidet (Sial und Sima), was unter der Voraussetzung, das die Erdoberfläche im Wesentlichen isostatisch ausgeglichen ist, zu einer weitgehenden Konstanz der Kontinentfläche führt, sofern sich die Substanz des Meeresbodens auch unter den Kontinenten fortsetzt.

Zur Stützung seiner Vorstellung griff Wegener in extenso auf geologische und paläontologisch-biologische Argumente zurück die überwiegend stichhaltig waren. Aber auch diese wurden von Fachwissenschaftlern nicht einhellig und auch nicht in toto akzeptiert. Umgekehrt gab es Folgerungen aus seiner Theorie, die mit der geologischen Wirklichkeit nicht übereinstimmten. Weder konnte diese für die mittelozeanischen Rücken noch für die Tiefseeegräben eine einleuchtende Erklärung liefern, und auch für die Orogenese konnte daraus kein widerspruchsfreies Konzept abgeleitet werden.

Wie oben ausgeführt, liegen der Wegenerschen Theorie der Kontinentverschiebung weniger empirische, sondern grundsätzliche physikalische Überlegungen zugrunde. Aber auch mit seinen zwingenden physikalischen Argumenten konnte Wegener sich nicht vorbehaltlos durchsetzen, was man darauf zurückführen darf, dass er keine Kräfte angeben konnte, die als hinreichend galten, um eine Verschiebung hervorzurufen.

Auch wenn bestimmte „Schulen“ in Deutschland und in anderen Ländern die Verschiebungstheorie ablehnten,¹⁸ gab es doch von Beginn an eine große Zahl von Befürwortern. Dieses ist die Stelle, an der man einen südafrikanischen Geologen und Verfechter der Wegenerschen Ideen würdigen sollte: Alexander du Toit (1878-1948). Seine Meinung war: „*Afrika forms the key.*“ Du Toit hat sein bekanntes Buch, „*Our wandering Continents*“ (Du Toit 1937), Alfred Wegener gewidmet.

Ein weiterer Unterstützer Wegenerscher Ideen war der durch seine radioaktiven Datierungen von Gesteinen bekannte britische Geologe Arthur Holmes (1890-1965), der bereits in den 1920ern die Kontinentverschiebung stützte und 1944 ganz konkrete Vorstellungen zu einer Plattentektonik publizierte. Tatsächlich ist es so, dass Wegeners These etwas ausgelöst hat, was man ohne Übertreibung als ein internationales Ringen um eine geologische Wahrheit nennen könnte.

Oben wurde deutlich gemacht, dass die Verschiebungstheorie die geologische Wirklichkeit nur bedingt abbilden konnte. Die Schwierigkeiten wurden weitgehend durch die Plattentektonik überwunden, deren Einführung dem Geologen und Marineoffizier Harry Hess (1900-1965) zugeschrieben wird.¹⁹ Beachtlich ist, dass in seinem berühmten Aufsatz „*History of Ocean Basins*“ (HESS 1962) weder Wegener, Du Toit noch Holmes zitiert werden! Dieser Umstand wäre eine wissenschaftstheoretische Betrachtung wert!

Das Ringen um die Kontinentverschiebung – ein wissenschaftshistorisch komplexes Ringen – Fixismus contra Mobilismus – ist detailreich dargelegt in ORESKES (1999). Hier findet man auch viele Angaben zu den wissenschaftlichen Befunden, die später die Plattentektonik stützten, womit die von Wegener verfochtene Dynamik der Erdoberfläche definitiv bestätigt wurde (dazu vergl. auch HÖLDER 1989 und MARVIN 1973).

Eine schöne Würdigung der Verdienste Alfred Wegeners ist Andreas Vogel gelungen. Er schreibt in dem Begleittext des Vieweg Nachdruckes von EKO 1 und 4 von 1980: „*Der Übergang zu den Vorstellungen einer dynamischen Erde, deren äußere Schale unter dem Einfluss der thermodynamischen Kräfte des Erdinnern gewaltige Verschiebungen erfahren hat und noch immer diesen Kräften ausgesetzt ist, hat in den Geowissenschaften eine Epoche großer Entdeckungen und Erkenntnisse eingeleitet. Am Anfang dieser Epoche steht Alfred Wegener, ein genialer Geist, der in visionärer Schau eine Theorie schuf, die hoffnungslose Widersprüche auflöste und die Ergebnisse und Fakten der verschiedensten naturwissenschaftlichen Gebiete vereinte und zwanglos einzuordnen vermochte. Mit großem Mut und unbeirrt von den damaligen Lehrmeinungen und den Anfechtungen durch anerkannte Autoritäten hat Wegener seine Thesen formuliert und kundgetan.*“

DANKSAGUNG

Herrn Dr. Ellger von der GeoUnion sei für seine freundliche Zustimmung gedankt, sich an seinem Artikel zum Symposium in Frankfurt „frei bedienen“ zu dürfen.

ENDNOTEN

- ¹ Vier Tage später, am 10. Januar 1912 hat Wegener, der seinerzeit Privatdozent für Meteorologie, praktische Astronomie und Kosmische Physik an der Universität Marburg war, unter dem Titel „Horizontalverschiebungen der Kontinente“ an seinem Dienort, für die Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften, einen ähnlichen Vortrag gehalten.
- ² Im Zusammenhang mit der Veranstaltung in Oslo erschien Wegeners Porträt auf dem Titelblatt der norwegischen populärwissenschaftlichen Zeitschrift GEO, die auch einen fünfseitigen Artikel zur Kontinentverschiebungstheorie brachte (15. Jahrgang Nr 1, 2012, S. 22-27).
- ³ Diesen Ausdruck benutzte Wegener lediglich in EKO 1 und 2 S. 120 und S. 131.
- ⁴ Brief vom 29. Januar 1912 wiedergegeben in SCHWARZBACH (1989) S. 104.
- ⁵ Den Begriff „Kontinentalverschiebung“ hat Wegener in EKO 4 konsequent durch Kontinentverschiebung ersetzt. Er ist aber nicht vollständig ausgemerzt, sondern taucht dann auf, wenn Wegener andere Autoren zitiert.
- ⁶ Es ist nicht immer sofort zu erkennen, was Bestandteil der Theorie ist. Ab EKO 3 hat Wegener den ersten von drei Abschnitten betitelt: „Wesentlicher Inhalt der Verschiebungstheorie“. In EKO 4 ist das entsprechende Kapitel überschrieben: „Das Wesen der Verschiebungstheorie und ihr Verhältnis zu den bisher herrschenden Vorstellungen über die Änderung der Erdoberfläche in geologischen Zeiten.“
- ⁷ Wegener hat vergleichsweise ausführlich geschildert wie sich seine Beschäftigung mit der Verschiebungstheorie – wie er seine Hypothese von der Verschiebung der Kontinente nannte – entwickelt hat. Dazu vergl. „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“, 4. Auflage Erstes Kapitel (S. 1-4): Geschichtliche Vorbemerkungen.
- ⁸ Als Anmerkung: Die Ideen der Neptunisten, bei denen die Gesteins- und Gebirgsbildung aus einem den ganzen Globus umspannenden Urmeer hervorgegangen ist (nach Sedimentation, Regression und Verwitterungen), war genau so voller Widersprüche wie die Idee der Plutonisten, die die Veränderungen der Erdoberfläche auf Ursachen aus dem Erdinneren zurückführten (Zentralfeuer). Wegener geht auf diese Vorstellungen gar nicht mehr ein.
- ⁹ Die modernen Hypsometrischen Kurven unterscheiden sich von den Darstellungen der Jahrhundertwende nur geringfügig.
- ¹⁰ In der damaligen wissenschaftlichen Wirklichkeit war diese Fragmentierung umstritten und wurde heftig diskutiert.
- ¹¹ Der Begriff Isostasie ist ein anderer Ausdruck für Schwimmgleichgewicht (eine Umschreibung des Archimedischen Prinzips), das immer dann herrscht, wenn ein spezifisch leichter Körper in einer spezifisch schwereren Flüssigkeit schwimmt. Wir sind es gewohnt auf quasi starrem Grund stehend, dass wir Stein auf Stein fügend immer höher bauen können. Die Summe der Steinhöhen ergibt die Gesamthöhe des Gebäudes. Würde man dieses Gebäude aber auf einem Schiff errichten, das in einem mit dem Ozean verbundenen Becken schwimmt, ließe sich der Effekt nicht wiederholen, das Schiff würde mit jedem Stein tiefer in das Wasser gedrückt werden. Der Abstand von der Wasseroberfläche wäre nicht mehr als einfache Summe der Steinhöhen darstellbar. Wegener überträgt dieses Bild auf die Kontinente. Diese werden durch eine Auflast, z.B. Schnee und Eis, tiefer in den Untergrund gedrückt und tauchen nach dem Verschwinden der Last wieder aus. Ein Effekt, der sich bei dem schnellen Aufsteigen der Skandinavischen Halbinsel (etwa 1 cm pro Jahr) besonders deutlich beobachten lässt.
- ¹² Zur Kenntnis der oberen Erdschichten vergl. den komplexen Artikel MOHOROVIČIĆ, S. (1927). Der Verfasser Stjepan M. ist der Sohn des Entdeckers der MOHO. Wegener zitiert diesen Artikel in EKO 4 S. 53.
- ¹³ Auf der Deutschen Atlantischen Expedition mit dem Forschungsschiff der Reichsmarine „Meteor“ 1925-1927 wurde systematisch das damals ganz neue Echolot erfolgreich zum Einsatz gebracht, wobei 14 Echolotprofile über den Südatlantik (mit Abstechern zur Magellan-Straße, Beagle-Kanal, South Shetlands, Süd-Georgien, Bouvet-Insel) abgesegelt wurden, wodurch sich die Kenntnis der Topographie des Atlantiks erheblich erweiterte.
- ¹⁴ Zitiert aus den Wegenerschen Exzerpten, die der EKO 1 beigegeben sind, s. Nachdruck der ersten und vierten Auflage (EKO 1+4) Hrsg. AWI und Gebrüder Bornträger Verlag, 2005: 1-481, ISBN 3-443-01056-3). Die Transkription der Texte findet man im Internet unter: http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/2012_1/Transkr_Notizen_Entst_d_Kont_Ozeane.pdf.
- ¹⁵ Über mögliche Fluktuationen von Massen im Inneren der Erde wird hier nicht spekuliert.
- ¹⁶ Auch hat Wegener selbst ablehnende und zustimmende Autoren aufgezählt – z.B. acht Geologen/Geographen mit ablehnender und vier Paläontologen mit zustimmender Haltung (EKO 4 S. 98 und S. 100). Zu den Literaturauszügen in Wegeners erster Ausgabe der „Entstehung der Kontinente und Ozeane“ vergl. Endnote 14. Die Transkription des Notizbuches „Kontinentalverschiebungen“ findet sich unter <http://epic-reports.awi.de/532/1/BerPolarforsch2005516.pdf>
- ¹⁷ Beispiele: Beginn des Tertiärs 65 Mio / Wegener 20 Mio; Eozän 53 Mio / Wegener 15 Mio; Oligozän 34 Mio / Wegener 10 Mio; Miozän 24 Mio / Wegener 6 Mio; Pliozän 5 Mio / Wegener 3 Mio; Quartär 2 Mio / Wegener 1 Mio. Für das Spätkarbon ergibt sich das Verhältnis 355/137 Mio. Die neue Methode der radiometrischen Altersbestimmungen hatte eine deutliche Streckung der älteren geologischen Zeitskalen zur Folge, der Wegener nicht ohne eine gewisse Skepsis gegenüber stand – vergl. seine Fußnote in EKO 4 S. 24. Eine kurzweilig zu lesende Geschichte der Altersbestimmung von Gesteinen, die sich im Wesentlichen um die Biographie um Arthur Holmes rankt, gibt LEWIS, C. (2000).

¹⁸ Die Ablehnung war offenbar am stärksten in angelsächsischen Ländern ausgeprägt. Dazu findet man eine Fülle von Beispielen und Angaben in MARVIN (1973) und Oreskes (1999).

¹⁹ „I shall consider this paper an essay in geopoetry“ schrieb Harry Hess einleitend in seinem Artikel „History of Ocean Basins“ (HESS 1962), der zu den meistzitierten wissenschaftlichen Artikeln überhaupt zu zählen ist, und der unstrittig die Idee der Plattentektonik begründet hat. Im Folgenden eine knappe Zusammenstellung der Erkenntnisse, die zu einer Akzeptanz der Plattentektonik geführt haben.

1. Polwanderungskurven: In denselben geologischen Horizonten, d.h. zu denselben Zeiten magnetisierte Materialien zeigen auf verschiedenen Kontinenten unterschiedliche Richtungen der Pole an. Daraus folgt, die Kontinente müssen sich zwischenzeitlich gegeneinander verdreht oder bewegt haben.

2. Geomagnetische Anomalien: Längs der Mittelozeanischen Rücken findet man ein streifenförmiges geomagnetisches Muster, das die bekannten Umpolungsereignisse des geomagnetischen Feldes abbildet, was nur möglich ist, wenn es hier zu einer Neubildung des Meeresbodens gekommen ist.

3. Alter und chemische Zusammensetzung der Ozeanböden:

a) Die jüngsten Böden findet man im Bereich der Rücken (das Material der Meeresböden ist unterhalb der Sedimente basaltischer Natur), je weiter man sich von diesen entfernt, desto älter wird der Meeresboden.

b) Man findet keine Meeresböden, die älter als 200 Mio a sind. Der Meeresboden ist jung. Die Gesteine der Kontinente sind hingegen >3500 Mio a alt. Die Mächtigkeit der Meeresedimente nimmt mit dem Abstand vom Rücken zu.

4. Wärmestrommessungen: Im Bereich der Rücken sind die thermischen Gradienten maximal.

5. Globale seismische Überwachung: Die Plattengrenzen werden durch die seismische Aktivität nachgezeichnet. 90 % der weltweit auftretenden seismischen Energie wird hier freigesetzt.

6. Neue Navigationsmethoden erlauben eine direkte Messung der Verschiebung.

7. Die computergestützte Passung der Kontinente ergibt einen direkten Beweis der Verschiebungsthese.

8. Mit Unterwasserfahrzeugen erhält man einen direkten Einblick in die Spreizungszentren („Black Smoker“ etc).

9. Schweremessungen als Beweis für die Isostasie und die Verschiebungstheorie sowie für die Plattentektonik wurden ab Mitte der 1930er auch auf Schiffen durchgeführt.

Eko-1 Wegener, A. (1915): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.- Samml. Vieweg 23, Braunschweig, 1-94.

Eko-2 Wegener, A. (1920): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.- Zweite Aufl., Die Wissenschaft 66, Vieweg Braunschweig, I-V, 1-135.

Eko-3 Wegener, A. (1922): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.- Dritte Aufl., Die Wissenschaft 66, Vieweg Braunschweig, I-VIII, 1-144.

Eko-4 Wegener, A. (1929): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.- Vierte umgearbeitete Aufl., Die Wissenschaft 66, Vieweg Braunschweig, I-XIV, 1-231.

Frisch, W. & Meschede, M. (2007): Plattentektonik - Kontinentverschiebung und Gebirgsbildung.- Primus Verlag Darmstadt, 1-196.

Hess, H.H. (1962): History of Ocean Basins.- Petrologic Studies, A volume to honour A.F. Buddington, USA, 599-620.

Hölder, H. (1989): Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie.- Springer Berlin, Heidelberg, New York, 1-244.

Howell, B.F. (1990): An Introduction to Seismological Research – History and Development.- University Press Cambridge, 1-193.

Köppen, W. & Wegener, A. (1924): Die Klimate der geologischen Vorzeit.- Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1 Tafel, 41 Abb., 1-256.

Köppen, W. (1940): W. Köppen† und A. Wegener† - Die Klimate der geologischen Vorzeit – Ergänzungen und Berichtigungen.- Gebrüder Borntraeger, Berlin, 6 Abb., 1-38.

Krause, R.A. (2007): Die Polfluchtkraft: Der Lely-Versuch – vergessene Begriffe der Geologiegeschichte.- Polarforschung 76: 133-140.

Krause, R.A., Schindler, E., Brocke, R., Schroeder, R. & Wilde, V. (2012): Alfred Wegener: Vordenker und Erneuerer der Geowissenschaften – 100 Jahre Hypothese von der Drift der Kontinente.- Senckenberg Natur, Forschung Museum 142: 12-17.

Kreichgauer, D. (1902): Die Äquatorfrage in der Geologie.- Missionsdruckerei Steyl, 1-394.

Lewis, C. (2000): The dating Game.- University Press Cambridge, 1-253.

Marvin, U.B. (1973): Continental Drift, the Evolution of a Concept.- Smithsonian Institution Press, Washington D.C., 1-239.

Mohorovičić, S. (1927): Über Nahbeben und die Konstitution des Erd- und Mondinnern.- Gerlands Beitr. Geophys. 17: 180-231.

Oreskes, N. (1999): The Rejection of Continental Drift.- Oxford University Press, Oxford, 1-420.

Semper, M. (1917): Was ist eine Arbeitshypothese?.- Centralbl. Mineral. Geol. Paläontol. Jahrg. 1917: 146-163.

Schwarzbach, M. (1989): Alfred Wegener und die Drift der Kontinente.- Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 1-164.

Wegener, A. (1912): Die Entstehung der Kontinente.- Petermanns geographische Mitteilungen (PGM) 1912: 185-195, 253-256, 305-309.

Wegener, A. (1921): Die Entstehung der Mondkrater.- Vieweg Braunschweig, 1-48.

du Toit, A.L. (1937): Our Wandering Continents – An Hypothesis of Continental Drifting.- Oliver & Boyd, London, 1-366.

Drilling Frozen Soils in Siberia

by Sebastian Zubrzycki¹

INTRODUCTION

The main objective during a spring field campaign in April and May 2011 to Siberia was to sample frozen material from undisturbed drilling cores of 1 m length from permafrost-affected soils. Samples from depths of more than 0.5 m are rare from those regions due to difficult access to the currently perennially frozen soil layers. Though, these layers are of high interest because progressive thawing by climate change has already been observed, and with projected amplification of thawing, permafrost-affected soils will undergo fundamental property changes including deepening of the seasonally thawed active layer (KOVEN et al. 2011). As an essential effect of these changes, higher turnover and mineralization rates of the organic matter are expected to result in increased climate-relevant trace-gas release to the atmosphere (DUTTA et al. 2006, WAGNER et al. 2007, SCHUUR et al. 2009). With frozen and undisturbed samples from these rare depths, detailed pool estimations not only of organic matter contents but also of many interesting chemical soil properties such as nutrients or heavy metals concentrations can be performed. Such investigations can help to increase the quality of future permafrost and climate models.

This field campaign was performed in central and north-east Siberia in alasses on the river terraces of river Lena near the town of Yakutsk and on Samoylov Island in the Lena River Delta to collect a sample pool for future laboratory soil analyses (Fig. 1).

METHODS

During this field campaign, a new portable Snow-Ice-Permafrost-Research-Establishment (SIPRE) auger set was used. The sampling set consisted of an engine power head STIHL BT 121 by ANDREAS STIHL AG and a SIPRE coring auger by Jon's Machine Shop in Fairbanks, Alaska (Fig. 2). Here I want to share my detailed practical experience and to assemble all information needed for a successful work with this auger set in the field.

SIPRE coring auger

The equipment set used was designed to retrieve sediment cores of up to 3 m in length. It was packed in a plastic Pelican 1750 shipping case and consisted of a 1 m coring barrel with an external auger conveyer, a quick change drive head, two one meter and one half meter drive extensions, a T-handle, six

carbide tipped cutting bits, five extension ball detent pins, an adapter to drive motor output shaft, a core retriever with drive head and two connector pins, a core pusher and a frost probe. The total weight incl. the Pelican box was 29.4 kg. The price in fall 2010 was about USD 10,000 including shipping from Alaska to Europe, customs and import turnover tax. Due to the auger's use for scientific purpose, it is possible to get the shipment exempt from customs fees, though because of its "commercial" appearance the process is unnerving and protracted. The user choosing this procedure has to complete the declaration for scientific instruments ("Erklärung für wissenschaftliche Instrumente oder Apparate") and to satisfactorily demonstrate the scientific purpose of its operation.

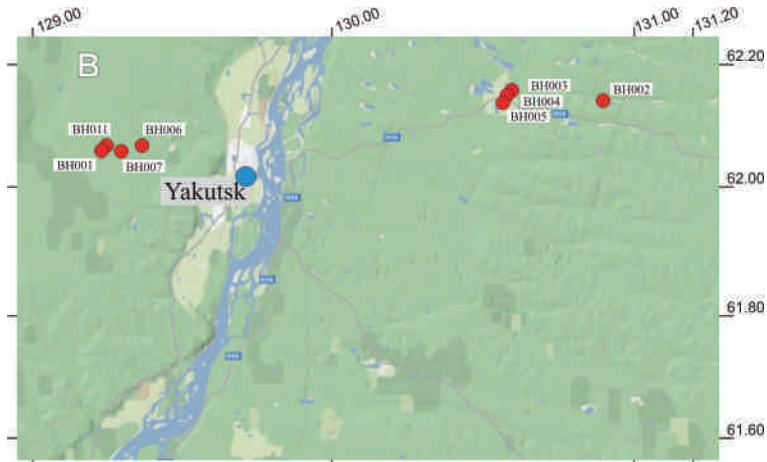
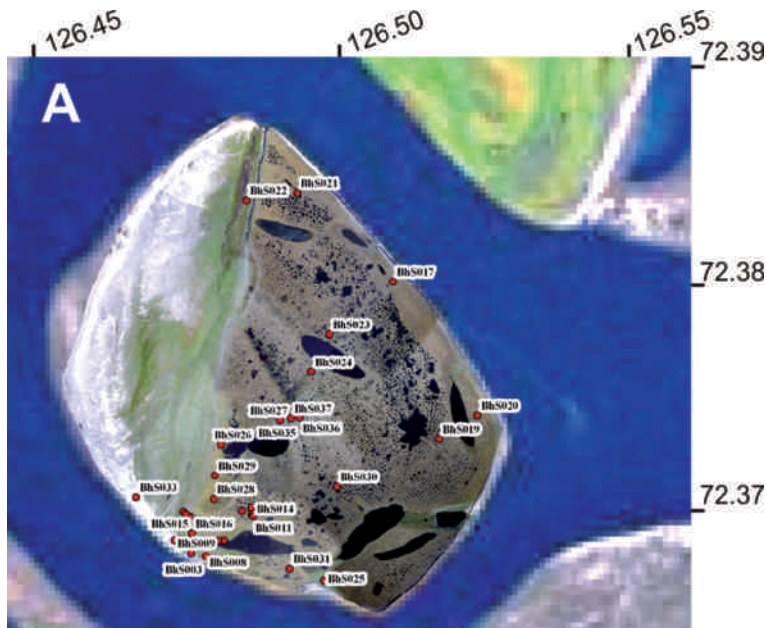
Another problem can occur when the SIPRE auger has to be transported abroad to the country of its ultimate use. The usage of the international custom document ATA carnet (probably) will be refused by the Chamber of Commerce of the country where your field work is planned because of the auger's role as a tool for exploration of soils. So all key benefits the ATA carnet provides are unattainable. One should therefore be prepared to purchase temporary import bonds and to pay applicable duties and taxes once more.

In order to avoid custom problems when coming back home from field work abroad (without the ATA carnet), the home custom office should be visited before leaving to the field to complete the form for returned goods (INF 3) (Auskunftsblatt "Rückwarenregelung"). A *pro forma* invoice is needed with a detailed list of the equipment and prices. Pictures of all equipment pieces should be included. The custom office will keep one original form for its record, and a second original will be handed out. It should be shown to the custom officers when crossing the border back to Europe.

Auger engine

The STIHL BT 121 engine, we used, is available worldwide. For our field study the engine was bought from an official STIHL dealer in Yakutsk, Russia. Besides the specific details of the engine (Tab. 1), it is important to know that the STIHL BT 121 is a two-stroke engine; hence a 1:50 gasoline oil ratio is required for operation. The fuel tank capacity is about 0.6 L. The gasoline consumption during the spring field trip was low and amounted to an average of 0.5 L per 1 m sediment core from deeply frozen ground. The STIHL BT 121 engine has a "QuickStop drill brake" including a release lever. This mechanism will interrupt the power flow from the engine to the spindle in case the drill jammed in the ground by turning the release lever towards the operator's thigh. The connected SIPRE coring auger will stop rotate immediately. Due to the fact that air transportation of gasoline driven engines is

¹ Institute of Soil Science, University Hamburg, Allende-Platz 2, D-20146 Hamburg, Germany



Displacement:	30.8 cm ³
Power:	1.3 kW/1.8 bhp
Spindle speed:	190 rpm
Vibration level (left/right):	2.2/2.5 m s ⁻²
Sound power level:	109.0 dB(A)
Sound pressure level:	103.0 dB(A)
Weight:	9.4 kg
Price in fall 2010:	approx. 1,000 EUR

Tab. 1: Important specific details of the engine.

Tab. 1: Wichtige Spezifikationen des Motors.

Fig. 1: Investigation areas in northern central Siberia with the sampling sites marked by red dots and core numbers. A = Samoylov Island within the Lena River Delta (width of photo approx. 4.5 km; photo: J. Boike, AWI). B = sampling sites on the eastern and western terraces of river Lena River near the town of Yakutsk (marked with a blue dot; width of photo approx. 120 km; based on Google & Geocentre Consulting 2012).

Abb. 1: Arbeitsgebiete im nördlichen Zentralsibirien mit Beprobungslokalationen (rote Punkte mit Bohrkernnummern). A = Insel Samoylov im Lenadelta (Bildbreite ca. 4,5 km; Foto: J. Boike, AWI). B = Untersuchungsgebiete auf den östlich und westlich der Lena gelegenen Flussterrassen in der Umgebung der Stadt Jakutsk (blauer Punkt; Bildbreite ca. 120 km; basierend auf Google & Geocentre Consulting 2012).

strongly restricted, it is a big advantage buying the STIHL BT 121 at the place of work. Above all, it should be taken into account that two-stroke engine oil and the required unleaded gasoline with a minimum of 89 octane rating could not be available everywhere. In its instruction manual, STIHL does not recommend using fuel additives to increase octane rating because doing so can create running problems or even damage of the engine.

Working with the auger set

In the field, work with the auger set is satisfactory and productive. During our field campaign, the STIHL engine worked well without any problems. Starting the engine at temperatures of minus 10 °C caused no big effort. To start the engine during cold mornings, cranking up to 15 times was enough.

Since the weight of the whole set is about 40 kg, the equipment for a day trip should be limited to the essential pieces if no vehicle is available. It proved successful to pack among the engine, the coring barrel and the adapter connecting both, the core catcher with one 1 m extension and the T-handle. The

core pusher was needed to avoid core destruction when weakly cemented ground was expected. A toolbox and approx. 2 L of gasoline oil mix were very helpful. Constructed as a one-man auger the set really fulfilled expectations (Fig. 3A-C) although working in a two-men team was more helpful. Working as a team is especially important after the work day when additional to the equipment of around 25 kg the sample's weight was added and all had to be transported to the base camp. The weight of a 1 m core was about 5 to 6 kg (Fig. 3D).

A further advantage of working in a pair was the easier handling of the coring barrel and engine set for coring. The total weight of this set was about 18 kg, and this weight had to be lifted up regularly while coring to avoid jamming in the frozen ground. Furthermore, the weight of two operators was of additional benefit, especially when initiating the drill into the frozen surface with the auger not yet stabilized in the borehole.

The external auger conveyer has performed excellently (Fig. 2A). The borehole debris was easily transported upward and usually preserved the auger from jamming. To avoid jamming, lifting up the auger was required while coring to help the

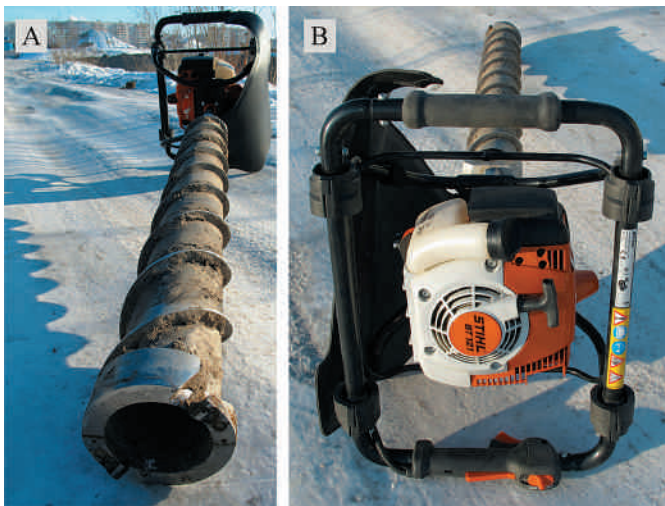


Fig. 2: The auger set used for sampling during the spring field campaign. A = SIPRE coring auger by Jon's Machine Shop, Fairbanks, Alaska. B = STIHL BT 121 engine power head (Photo: Alexey R. Desyatkin).

Abb. 2: Das während der Feldarbeiten eingesetzte großkalibrige Erdbohrer-System. A = Kernrohr des SIPRE-Systems von Jon's Machine Shop in Fairbanks, Alaska. B = STIHL BT 121 Motorkopf (Foto: Alexey R. Desyatkin).

conveyer transporting upward the debris, especially when fine-grained ground was drilled. The few times it jammed in the ground, the “Quick stop drill brake” mechanism worked well and stopped the auger immediately. Once the auger jammed into the ground and stopped, the brake should be disengaged and the auger run slowly when trying to lift it up. Acting quickly can prevent the debris from freezing to the auger barrel. Recovery from such an event will be time-consuming and power-intensive.

Additionally, the total height of the set used should be mentioned; it has been about 150 cm which resulted in a disadvantageous angle between the equipment and the operator (Fig. 3A) limiting handling and transmission of manpower. The initiation of a new borehole arose as the most crucial moment when full power was needed. A great enhancement could be the addition of a coring barrel of around 50 cm for starting a new borehole. This short barrel could be replaced by the longer one once coring depth increases.

Usually, the cores were retrieved without problems, but in a few cases hard work was needed to retrieve the core from the barrel. The heat generated during the coring process can melt frozen water at the outer face of the core. When drilling was interrupted or completed, this water sometimes refroze rapidly, and the core jammed in the barrel. In that case a small gas-driven laboratory burner was beneficial to heat up the barrel and then the core pusher was used to remove the core from it.

Despite the few solvable problems described, the equipment is worth a recommendation and the samples recovered were of high quality (Fig. 3D). For analyses in the field, the cores were sawed into pieces collecting six small samples from each core while the frozen major remains were kept for future analyses. Coring should be performed while the entire ground is frozen to get good quality samples throughout the entire core from surface to bottom. Additionally, the impact to the natural environment is lower when the ground is frozen, especially when a vehicle is used for transportation.

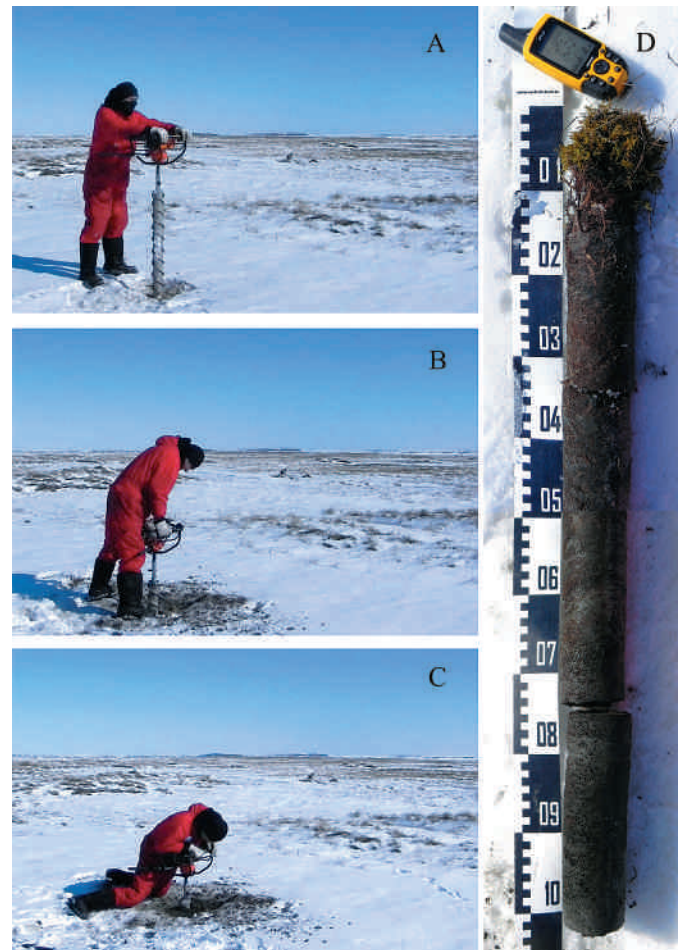


Fig. 3: Fieldwork with the SIPRE auger on Samoylov Island, Lena River Delta, North-East Siberia in April 2011. A, B and C = different stages of drilling progress. D: The result of the hard work – 1 m long core of organic rich permafrost-affected soil.

Abb. 3: Feldarbeit mit dem SIPRE Bohrer auf der Insel Samoylov im Lena-Delta in Nordost-Sibirien im April 2011. A, B und C: Die unterschiedlichen Arbeitsabschnitte beim Bohren. D = Das Ergebnis harter Arbeit – ein ca. 1 m langer Bohrkern eines von Permafrost beeinflussten Bodens mit hohem Anteil an organischem Material.

The equipment and the fieldtrip were supported through the Cluster of Excellence “CliSAP” (EXC177), University of Hamburg, funded through the German Research Foundation (DFG), a dissertation fellowship funded through the University of Hamburg (HmbNFG) and a grant founded through the German Academic Exchange Service (DAAD).

References

- Dutta, K., Schuur, E.A.G., Neff, J.C. & Zimov, S.A. (2006): Potential carbon release from permafrost soils of Northeastern Siberia.- *Glob. Change Biol.* 12: 2336-2351.
- Koven, C.D., Ringeval, B., Friedlingstein, P., Ciais, P., Cadule, P., Khvorostyanov, D., Krinner, G. & Tarnocai, C. (2011): Permafrost carbon-climate feedbacks accelerate global warming.- *PNAS*, 108, 36: 14769-14774.
- Schuur, E., Vogel, J., Crummer, K., Lee, H., Sickman, J. & Osterkamp, T. (2009): The effect of permafrost thaw on old carbon release and net carbon exchange from tundra.- *Nature* 459: 556-559.
- SIPRE auger. Jon's Machine Shop (<http://jonsmachine.com/>); 350 Goldstream Rd; Fairbanks, Alaska 99712-1007.
- STIHL BT 121. ANDREAS STIHL AG & Co. KG. 2006. Instruction Manual. Wagner, D., Gattinger, A., Embacher, A., Pfeiffer, E.-M., Schloter, M. & Lipski, A. (2007): Methanogenic activity and biomass in Holocene permafrost deposits of the Lena Delta, Siberian Arctic and its implication for the global methane budget.- *Global Change Biol.* 13: 1089-1099.

Buchbesprechungen / *Book Reviews*

Gudrun Bucher: Die Spur des Abendsterns – Die abenteuerliche Erforschung des Venustransits.- Wissenschaftliche Buchgemeinschaft, Darmstadt, 2011, 215 S., (ISBN 978-3-534-23633-6), € 29,90

Den kommenden Venustransit am 6. Juni 2012 hat die promovierte Ethnologin und Historikerin Gudrun Bucher zum Anlass genommen, die Geschichte seiner abenteuerlichen Erforschung ausführlich darzustellen. Bisher wurde der Venusdurchgang vor der Sonne sechs Mal in den Jahren 1639, 1761, 1769, 1874, 1882, und 2004 beobachtet. Dabei benutzte man immer ausgefeiltere Messmethoden, bis die Beobachtung der Transite im 21. Jahrhundert an Bedeutung verloren.

Im ersten Teil geben vier Kapitel allgemeine astronomische Informationen zur Venus und dem Venustransit und erläutern, warum seine Beobachtung sich als Maßeinheit zur Bestimmung der Entfernung zwischen Erde und Sonne (Astronomische Einheit) eignet. Viele Abbildungen und Skizzen illustrieren die Sachverhalte anschaulich. Im zweiten Teil widmen sich fünf weitere kurzweilige Kapitel detailliert den einzelnen Expeditionskampagnen bis ins 19. Jahrhundert und zeigen de-ren wissenschaftliche Probleme auf. Unter der Überschrift Venus entzaubert beschreibt das letzte Kapitel die Ernüchterung im 21. Jahrhundert. Allerdings waren die Transitexpeditionen nicht die ersten international ausgerichteten Expeditionen, wie die Autorin behauptet, denn schon um 1740 wurden mehrere Expeditionen zur Erdvermessung nach Südamerika und Lappland ausgesendet.

Die Beobachtungsphase im Jahr 1761 mit Expeditionen nach Ostindien, Sibirien, Neufundland, Sumatra, St. Helena und in den Indischen Ozean sowie weiteren 56 Stationen mit überwiegend französischem, schwedischem, britischem und deutschem Personal erbrachte nur mäßige Ergebnisse wegen Unsicherheiten in der Bestimmung der geographischen Länge des Beobachtungsortes und wegen optischer Phänomene, denn ein heller Ring um die Venus oder die sogenannte Tropfenablösung beim Ein- und Austritt der Venus aus der Sonnenscheibe erschwerte es sehr, den richtigen Zeitpunkt für diese Ereignisse an allen Beobachtungspunkten exakt zu bestimmen. So wurde alle Hoffnung auf den in acht Jahren folgenden Transit im Jahr 1769 gesetzt, für dessen Beobachtung James Cook mit einer Expedition nach Tahiti aufbrach. Teilnehmer dieser Expedition waren Johann Reinhold Forster und sein Sohn Georg, der in seiner Reise um die Welt (deutsch 1778-1780) einen ersten Bericht von der Region jenseits der Südpolarkeises veröffentlichte.

Die Autorin beschreibt ausführlich auch die anderen britischen und französischen Expeditionen dieses Jahres, die neben der nur einige Stunden dauernden Beobachtung oft auch andere naturhistorische Forschungen durchführten. Besonders ergreifend ist das Schicksal des französischen Astronomen Guillaume Le Gentil, den 1761 widrige Umstände während

seiner Reise zur Beobachtung des Transits in Indien zum fraglichen Zeitpunkt auf einem Schiff im Indischen Ozean festhielten und der anschließend bis zum nächsten Venustransit acht Jahre lang in Indien zubrachte mit dem Ergebnis, dass im entscheidenden Moment Wolken den Himmel völlig verdeckten und er ein zweites Mal scheiterte.

Die Venustransit-Expeditionen im 19. Jahrhundert werden nur kurz dargestellt, hingegen über ihre Beobachtungen ausführlich berichtet. Nun hoffte man, den schwer zu bestimmenden Ein- und Austritt der Venus aus der Sonnenscheibe durch den Einsatz der Fotografie fixieren zu können. Auch deutsche Expeditionen führten zu den Enden der Welt nach Ägypten, in den Iran, nach Mauritius, China und Neuseeland. Dank Georg von Neumayer, der damals als Hydrograph der Admiralität das wissenschaftliche Programm für die Weltumseglung der „SMS Gazelle“ plante, wurde unterwegs auch eine Sternwarte auf den Kerguelen im Südindischen Ozean eingerichtet. Seitdem galten die Kerguelen für Neumayer als Eingangstor für die Erforschung der unbekanntenen Antarktis, so dass die deutsche Südpolarexpedition 1901-1903 dort eine Basisstation unterhielt.

1882 war der Transit vor allem in Südamerika und an der Ostküste der USA sichtbar. Im Gegensatz zu vorher sollte dieses Mal eine trockene Beschichtung der Fotoplatten eingesetzt werden. Diesmal gelang es Neumayer, dem arktischen Stationsnetz des ersten Internationalen Polarjahres eine zusätzliche Station auf Südgeorgien anzugliedern, wo der Transit vollständig beobachtet werden konnte. Wer mehr zu den übrigen Forschungen während der zum Teil sehr spannend geschilderten Transitexpeditionen erfahren möchte, muss jedoch zusätzliche Literatur zur Hilfe nehmen.

Insgesamt führte die Summe aller Transitbeobachtungen nicht zur gewünschten Genauigkeit in der Bestimmung der Astronomischen Einheit, die 1976 mittels Radar astronomie auf 149 597 870 km definiert wurde. Dadurch erklärt sich, dass der Venustransit im Jahr 2004 nur noch von historischer Bedeutung war. Damit behandelt *Die Spur des Abendsterns* ein in sich geschlossenes astronomisches Thema, das hin und wieder wegen der räumlichen Nähe einzelner Stationen auch für die Polargeschichte von Bedeutung ist. Zudem kann 2012 der vollständige Transit in der Arktis gesehen werden.

Leider verwendet die Autorin nur für 1761 beispielhaft eine historische Karte der Sichtbarkeit des Venusdurchgangs, während sie für die fünf jüngsten Transite auf dasselbe Erdschema für die Eintragung der jeweiligen Bereiche der Sichtbarkeit zurückgreift. Dadurch verschenkt sie eine zusätzliche Einbettung der Venustransitexpeditionen in die Entdeckungsgeschichte des 19. und 20. Jahrhunderts, die insbesondere Australien und die Polargebiete betreffen.

Insgesamt gibt das Buch eine für den Laien verständliche Ein-

führung in das Thema. Die kurzgefasste Darstellung der wichtigsten Expeditionen lässt jedoch an manchen Stellen den Wunsch aufkommen, mehr darüber zu erfahren. Ein Personen-, Orts- und Sachregister runden das Buch ab.

Cornelia Lüdecke, München

Cornelia Gerlach: Pionierin der Arktis. Josephine Pearys Reisen ins ewige Eis. Kindler/Rowohlt Hamburg 2012, 348 S., 4 Karten auf den inneren Umschlagseiten, 8 Fototafeln, gebunden (ISBN 978-3-463-40629-9), € 19,95

Am Ende des 19. Jahrhunderts rückten die Polargebiete im Norden und Süden mehr und mehr in das Interesse von Nationen aber auch von Einzelpersonen. Nach dem Internationalen Polarjahr 1882-1883, das vor allem meteorologische und magnetische Messungen erbracht hatte, begann ein regelrechter Wettlauf zu den Polen. In der Arktis waren insbesondere die Norweger Fritjof Nansen und Roald Amundsen sowie die US-Amerikaner Robert E. Peary und Frederik Cook am Wettlauf zum Nordpol beteiligt. Dieser Wettstreit geriet 1908 ins Stocken als Frederik Cook, der ehemalige Schiffsarzt der Peary-Expedition von 1891-1893, behauptete, am 21. April den Nordpol erreicht zu haben. Amundsen konzentrierte sich daraufhin auf den „Wettlauf zum Südpol“, den er am 15. Dezember 1911 gewann.

Peary zweifelte Cooks Erreichen des Nordpols an und machte sich selbst 1908 erneut in die Arktis auf. Nach seinen Angaben erreichte er am 6. April 1909 den Nordpol. Aber auch diese Behauptung wird nach wie vor angezweifelt. Dennoch gilt Peary in den USA als der Entdecker des Nordpols.

Licht auf das Leben und Streben dieses Mannes wirft jetzt eine Biographie seiner Frau – Josephine Diebitsch Peary –, die ihren Mann bereits 1891 auf seiner ersten Arktisexpedition nach Grönland begleitete. Cornelia Gerlach hat in ihrem Buch – Pionierin der Arktis. Josephine Pearys Reisen ins ewige Eis – das Leben dieser außergewöhnlichen Frau romanartig und detailreich nachgezeichnet.

Mit 25 Jahren hatte Josephine Diebitsch 1888 den US-Navy-Ingenieur Robert Edwin Peary geheiratet. Während ihrer Arktisreisen führte sie Tagebuch und es gibt auch darüber hinaus umfangreiche zeitgenössische Aufzeichnungen, die es Cornelia Gerlach ermöglichten, ein lebendiges Buch vom Leben auf Schiffen, bei den Eskimos und im Eis zu vermitteln. Wer sich für dieses Leben am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts interessiert, der findet in diesem Buch eine Fülle von Informationen.

Darüber, was Josephine Diebitsch Peary dazu bewog, diese beschwerlichen Reisen mitzumachen, kann man in den einzelnen Kapiteln nachsinnen. Sie hielt es für selbstverständlich, dass eine Frau an die Seite ihres Mannes gehört, egal, wohin er geht. Sie wird ihn geliebt haben, sie wird aber auch selbst eine starke Kämpfernatur gewesen sein, um das alles auszuhalten und mit ihrem Mann zu erleben. Josephine Diebitsch Peary überlebte ihren Mann um 35 Jahre und starb 1955 im Alter von 92 Jahren.

Cornelia Gerlach (Jahrgang 1960) lebt und arbeitet als freie Journalistin in Berlin. Im Sommer 2010 segelte sie selbst in die Arktis. Bei den Vorbereitungen zu dieser Reise hat sie Josephine Diebitsch Peary entdeckt.

Monika Huch, Adelheidsdorf

Cornelia Lüdecke: Amundsen – Ein biografisches Porträt. Herder, Freiburg-Basel-Wien 2011, 208 S., 12 Illustrationen & 2 Karten, softcover (ISBN 978-3-451-06224-7), € 12,95

Am 15. Dezember 1911 standen fünf Norweger auf dem Südpol. Der letzte wichtige arithmetisch-geographische Punkt war erobert. Der Leiter dieser Expedition war Roald Amundsen (1872-1928). Die 100. Wiederkehr dieses Tages wurde im vorigen Jahr gefeiert. So ein rundes Datum verdient immer mehr Beachtung im Vergleich vielen anderen Jubiläen. In Deutschland wurde an dieses Jubiläum mit einem neuem Buch über Amundsen erinnert.

Die Autorin des Buches – Cornelia Lüdecke – ist Wissenschafts- und Polarhistorikerin. Bisher hat Lüdecke meistens über deutsche Nord- und Südpolarforschung geschrieben, sie ist eine der besten Expertinnen in der Welt für diese Problematik. Dies war ja offensichtlich der Grund, warum der Herder-Verlag sich mit dem Vorschlag ein Buch über Amundsen zu schreiben, an sie wandte. Ich habe keine Angaben, wie häufig das Buch in Deutschland verkauft wurde, aber ich bin sicher, der Verlag hat keine Enttäuschung erlebt.

Das Buch über Amundsen ist sehr anregend geschrieben worden. Amundsens abenteuerliches und sehr gut untersuchtes Leben gibt dafür ja auch mehrere gute Möglichkeiten. Von anderer Seite wieder ein Neues Buch zu schreiben, ist eine recht verantwortungsvolle Aufgabe gewesen. Lüdecke hat diese Aufgabe pietätvoll und meisterhaft gegenüber dem widersprüchlichen Held des Buches gelöst. Die Sätze des Buches sind kurz und klar und nicht mit zu vielen Details in einem Satz überfüllt. Notwendige Details (z.B. Amundsen und Frauen) sind aber auch da. So ist das Buch flüssig geschrieben und gut lesbar und ist – was heutzutage mit entscheidend ist – nicht zu dick – für ein populärwissenschaftliches Buch heute eine notwendige Voraussetzung.

Von anderer Seite, ich als Wissenschaftshistoriker, hätte gern im Buch ein Namensverzeichnis gesehen aber bei populärwissenschaftlichen Büchern ist so ein Abstrich verständlich. Schade, dass meine Kinder noch kein Deutsch beherrschen. Ich würde ihnen unbedingt empfehlen diese Biografie zu lesen.

Obgleich scheint, dass kaum Neues über Amundsen zu finden wäre, konnte die echte Wissenschaftshistorikerin Lüdecke doch einige bislang wenig Beachtung gefundenen Aspekte in Amundsens Werk auffinden. 1. Amundsen ist am 14. Dezember 1911 auf dem Südpol gewesen (S. 198), nicht am 15. Dezember, wie der Eroberer des Südpols selbst angegeben hatte (S. 9). Nämlich hatte Amundsen hatte nämlich den Kalender nicht umgestellt, als er im Rossmeer die Datums-

grenze überschritten hatte. 2. Frederick Cooks (1865-1940) entscheidende Bedeutung als Amundsens Lehrmeister während der „Belgica“-Expedition. Nämlich hatte Er hatte nämlich von Cook gelernt, alle Ausrüstungsgegenstände an die Gegebenheiten anzupassen, wie z.B. ein Zelt zu entwickeln, wie er es dann am Südpol aufgestellt hat (S. 25). 3. Die Entwicklung des Sonnenkompasses, um zum Nordpol zu fliegen, „denn ein normaler Kompass hätte in der Nähe des Magnetpols versagen müssen.“ (S. 200). 4. Während der Amundsen-Expeditionen gesammelten meteorologische Beobachtungen (z.B. auf dem „Maud“) ermöglichten es Harald Ulrik Sverdrup (1888-1957) Nachfolger von Vilhelm Bjerknes (1862-1951) auf dem Lehrstuhl für Meteorologie am Geophysikalischen Institut in Bergen werden (S. 198). 5. Lincoln Ellsworth (1880-1951) wurde Dank Amundsens zum erfahrenen und danach weltberühmten Polarforscher (S. 199-200).

Wer war Amundsen – nur ein Polarabenteurer oder auch ein Wissenschaftler? Auf diese Frage antwortet Lüdecke in ihrem Buch nicht und überlässt diese Entscheidung dem Leser. Ich habe mich mehrmals wegen meiner eigenen Forschungen über die russische Polarforschungsgeschichte und im Vorlesungskursus über die Geschichte der Geographie an der Universität Tartu mit dieser Frage beschäftigt. Für mich ist immer der erste norwegische Polarforscher Fritjof Nansen (1861-1930) gewesen. Zuerst war er Wissenschaftler, erst danach der Abenteurer. Nansen hatte aber bei seiner Abenteuern immer wissenschaftliche Fragen im Vordergrund gehabt. Amundsen dagegen, war zuerst ein Abenteurer. Erst danach kamen wissenschaftliche Fragen, wenn überhaupt. Die wissenschaftliche Zielsetzung war für ihn nur soweit wichtig, um staatliche Unterstützung zu bekommen. Ich muss doch zugeben, dass die „Gjøaa“-Expedition (1903-1906) ein wissenschaftliches Programm hatte und die Resultate der Forschungen wichtig waren..

Lüdecke unterstreicht am Anfang und am Ende des Buches die Tatsache, dass Sir John Franklin das ganze Leben Amundsens Vorbild blieb. Sie unterstreicht auch die Ähnlichkeit der Schicksale beider Männer – sie blieben verschollen. Das ist schon richtig. Aber nicht nur Amundsen sondern für die ganze norwegische Polarforschung war die britische Polarforschung ein Vorbild, Seit Nansen. Britische Polarforscher waren Dank ihrer Reisebeschreibungen in der Welt sehr populär, die im Vergleich mit ähnlichen deutschen oder russischen Texten, echt abenteurerisch geschrieben worden waren. Das Abenteuer und Sensationen bedeutete Gelder und sehr gut hatte diese Tatsache der Eigentümer der Tageszeitung New York Herald James Gordon Bennett Jr. (1841-1918) begriffen. Er hatte große Summen durch die Reportagen der Expeditionen von Henry Morton Stanley (1841-1904) und Georges de Long (1844-1881), die er selbst finanziert hatte, verdient. Tagespresse spielte danach entscheidende Rolle in der geografischen Forschung. Nansen verstand es sehr gut. Er hat in seinen Privatbriefen mehrmals seinen Freund Eduard Baron Toll (1858-1902) darauf aufmerksam gemacht, dass er auf Englisch publizieren muss, nur dann sei es möglich Geld zur Vorbereitung der Expeditionen zu sammeln. Ein anderer Ratschlag Nansens an Toll war, persönlich Vortragsreisen durch Europa zu veranstalten. Auf diesem Weg konnte Nansen

nach seiner kühnen Überquerung des Grönlandeises die Mittel für seine Nordpolexpedition sammeln.

Im Gegensatz zu Toll, der nie Nansens oben erwähnte Ratschläge befolgt hatte, verfuhr Amundsen hundertprozentig in dieser Weise. Er war in diesem Sinn ein Wunderschüler von Nansen. Das Abenteuer und Sensation bedeutete durch die Presse Berühmtheit, Aufmerksamkeit und Geld. Diese Aspekte waren für Amundsens entscheidend wichtig, weil er um in der Mitte der Aufmerksamkeit zu sein, er neue Gelder brauchte für die Organisation weiterer sensationeller Expeditionen. Lüdecke unterstreicht in ihrem Buch richtig: „dadurch wurde er [Amundsen] ein Gefangener seiner selbst.“ (S. 201). Ob er dabei für sich aber „die Messlatte immer höher legte“, ist fraglich. Eher suchte er nach mehr Sensationellem, um allgemeine Aufmerksamkeit zu finden. Genauso viel wie ein Gefangener seiner selbst, war er ein Gefangener der Presse. Ohne Presse wäre er nie so berühmt geworden. Amundsen ist aus heutigem Blickwinkel als einer der ersten (?) Medienhelden zu betrachten, der aber selbst für sein Image verantwortlich war.

Sein Image war aber ja außerordentlich. Nansen charakterisierte Amundsen sehr zutreffend: „Durch alle Zeiten wird Roald Amundsen in der Erinnerung fortleben als der ideale Typus des unerschrockenen, zielbewussten Entdeckungsreisenden, der mit seiner unbeugsamen Willenskraft und Zähigkeit die größten Hindernisse zu überwinden vermochte.“ (S. 202). So bleibt Amundsen in die Geschichte der Entdeckungsreisen als Eroberer der Nordwest-Passage und des Südpols. Er war mit dem Flugzeug fast auf dem Nordpol und mit dem Luftschiff auf dem Nordpol. Niemand anderer hatte so viel erreicht wie er. Amundsen hat aber dafür einen sehr hohen Preis bezahlen müssen – obgleich weltberühmt war er sein ganzes Leben allein. Im Buch von Cornelia Lüdecke kommt diese traurige Eigenschaft von Amundsen immer wieder zum Vorschein.

Erki Tammiksaar, Tartu, Estland

ERRATUM

Erratum zu:

Böden in Permafrostgebieten der Arktis als Kohlenstoffsенke und Kohlenstoffquelle

Zubrzycki, S., Kutzbach, L. & Pfeiffer, E.-M.,

Polarforschung 81 (1): 33-46, 2011 (erschienen 2012);

online unter: www.Polarforschung.de oder <http://hdl.handle.net/10013/epic.39227>

Auf Grund eines technischen Versehens ist Tabelle 1 auf Seite 39 fehlerhaft. Die korrekte Tabelle lautet wie folgt:

Beprobungstiefe AUTOREN	C _{org} -Pool kg m ² (min)	C _{org} -Pool kg m ² (max)	Masse SOC Pg	Untersuchungsgebiet wie in den Publikationen
Tiefe 0-30 cm STOLBOVOI 2002 TARNOCAI et al. 2009 HUGELIUS et al. 2010 ZUBRZYCKI et al. 2012	11,6 4,0	13,3 16,3 24,0	62 191	Russland nördliche Permafrostregionen Küste des Tulemalu Lake, zentrale kanadische Arktis Nord-Süd-Transekt (73,5°- 69,5° N) entlang der Lena, Sibirien
Tiefe des Auftaubodens OEHEL & BILLINGS 1992 TARNOCAI & BALLARD 1994 ORLOV et al. 1996 NADELHOFFER et al. 1997 GUNDELWEIN et al. 2007	13,0 21,7	29,0 26,2 14,5 20,3 14,5	55 59	Tundra Kanadische Arktis / Subarktis Russland Alaska Labaz-See, Taimyr-Halbinsel
Tiefe 0-100 cm POST et al. 1982 TARNOCAI & SMITH 1992 MATSUURA & YEFREMOV 1995 ROZHKOV et al. 1996 PING et al. 1997 STOLBOVOI 2002 TARNOCAI et al. 2003 POST 2006 GUNDELWEIN et al. 2007 PING et al. 2008 TARNOCAI et al. 2009 HUGELIUS et al. 2010 BLISS & MAURSETTER 2010 PING et al. 2010	4,0 11,0 31,4 16,6 25,6 12,6	21,8 63,0 20,0 69,2 26,9 59,2 14,2 30,7 34,8 66,6 33,8 54,5 50,9	192 116 107 268 98 496 38	Tundra Kanada Russland Tundra und nördliche Taiga Russlands Tundra Alaskas Russland nördliche Permafrostregionen Tundra Labaz-See, Taimyr-Halbinsel Nordamerikanische Arktis nördliche Permafrostregionen Küste des Tulemalu Lake, zentrale kanadische Arktis die Gelisole Alaskas Diskontinuierlicher, warmer Permafrost, boreale Wälder Alaskas
Tiefe 0-300 cm TARNOCAI et al. 2009	159,2	358,2	1024	nördliche Permafrostregionen
Tiefe größer als 300 cm TARNOCAI et al. 2009		65,0	241	arktische Deltas
AUTOREN	C _{org} (min) Gew.-%	C _{org} (max) Gew.-%	Masse SOC Pg	Untersuchungsgebiet wie in den Publikationen
ZIMOV et al. 2006b TARNOCAI et al. 2009 SCHIRRMEISTER et al. 2011	1	2,38 2,6 17	450 407 250 - 375	Yedoma-Landschaften in Nordsibirien Yedoma-Landschaften in Nordsibirien 20 Küstenaufschlüsse in Nordostsibirien

Tab. 1: Tab. 1: Eine Übersicht von Kohlenstoff-Studien in unterschiedlichen Permafrostregionen. Dargestellt sind Teilergebnisse der genannten Studien zu Permafrost beeinflussten Böden. Diese Liste zeigt nur einige Beispiele und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. SOC = Boden eigener organischer Kohlenstoff.

Tab. 1: Overview of carbon studies from different permafrost regions. Only results related to the permafrost-affected soils are presented. This list shows only some examples and is not intended to be exhaustive. SOC = soil organic carbon.

Auf Grund eines Versehens ist die Bilderläuterung zu Abb. 1 auf Seite 34 fehlerhaft. Die Abbildung mit der korrekten Bilderläuterung lautet wie folgt:

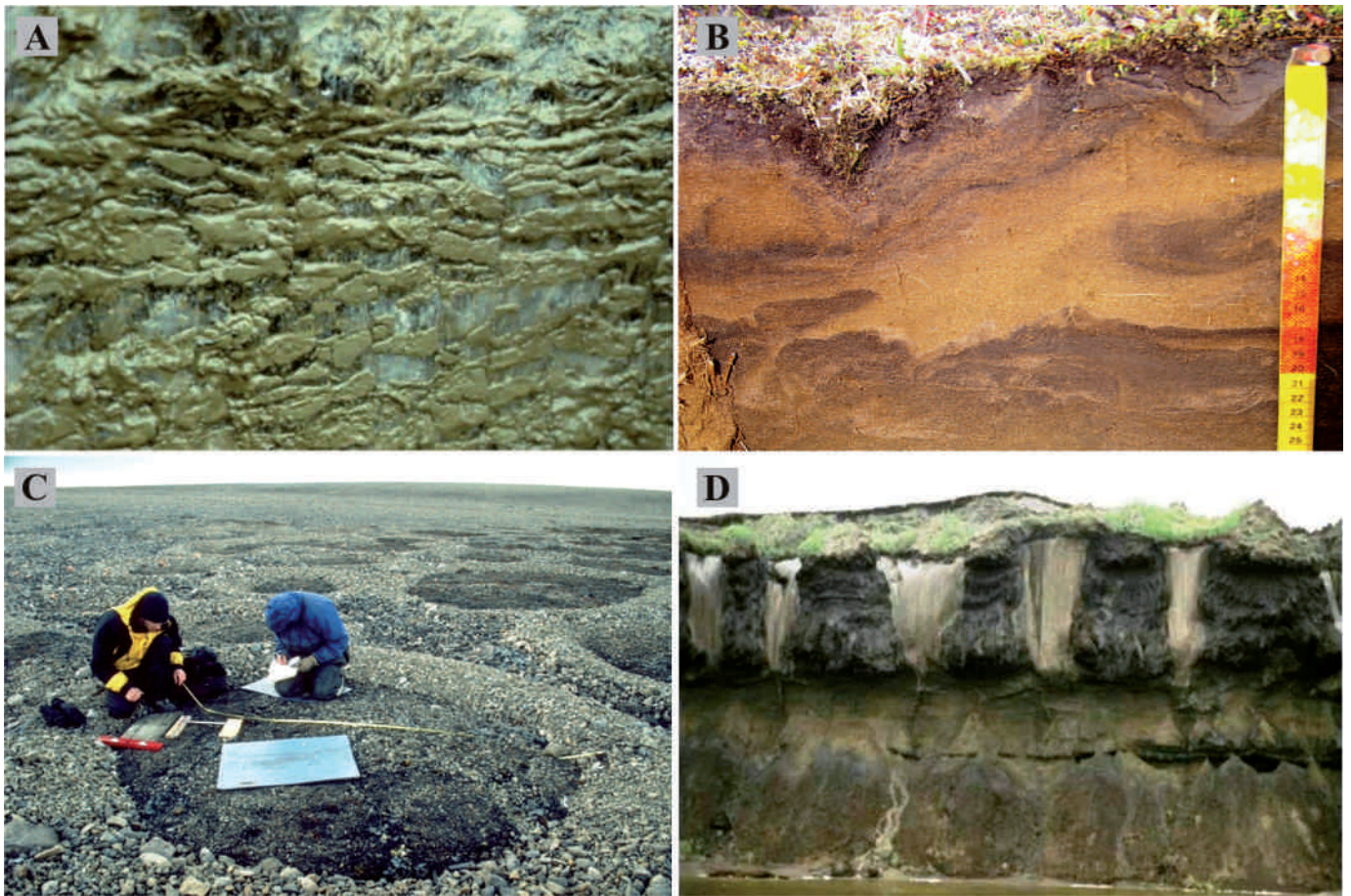


Fig. 1: Ergebnisse kryopedogenetischer Prozesse im Permafrost. A = Segregationseis, Lena-Delta, Sibirien 2007. B = Kryoturbation im Oberboden eines Gelisols (Typic Psammenturbel), Arga-Komplex, nordwestliches Lena-Delta, Sibirien 2009. C = Sortierte Kreise als eine Form von Frostmustern, die durch Frostsorierung entstehen, Brøggerhalbinsel, Spitzbergen, 1999. D = Eiskeile, aufgeschlossen an einem Kliff im Olenyokskaya Kanal, Lena-Delta, Sibirien 2007. Aufnahmen: Fotos: A, B, D = Bilder der Autoren; C = Julia Boike.

Fig. 1: Results of cryopedogenic processes in permafrost. A = Segregated ice, Lena River Delta, Siberia 2007. B = Cryoturbation in the top soil of a Gelisol (Typic Psammenturbel), Arga Complex, northwestern Lena River Delta, Siberia 2009. C = Sorted circles (frost patterns) formed by frost sorting, Brøgger Peninsula, Spitzbergen, 1999. D = Ice wedges, cliff exposure at the Olenyokskaya Channel, Lena River Delta, Siberia 2007. Photos: A, B, D = authors, C = Julia Boike.

