

Zusammenfassung

Zwar bestehen die Küsten größtenteils aus durchlässigen, sandigen Sedimenten, doch verursachte der Rückgang der Küsten in einigen Gebieten eine seeseitige Überflutung und Erosion von kohlenstoffreichen, terrestrischen Moorsedimenten. Dies hat Auswirkungen auf die marine Kohlenstoffbilanz in der Küstenregion, da Torf eine potenzielle Quelle für gelösten Kohlenstoff darstellt. Im Rahmen dieser Doktorarbeit wurden geophysikalische und geochemische Felddaten mit hydrologischen Prozessen und deren Auswirkungen auf biogeochemische Mineralisierungsprozesse kombiniert. Vor der Küste des untersuchten Gebietes wurde die submarine Ausdehnung Holozäner, organikreicher Torfvorkommen (C_{org} 37–53 %) mit Hilfe von land- und seeseitigen Sedimentkernen und geophysikalischen Methoden nachgewiesen. Das Untersuchungsgebiet ist Teil des interdisziplinären Forschungsprojektes Baltic TRANSCOAST, das Austauschprozesse über die Land- und Seegrenze untersucht. Diese Holozänen Torfe erstrecken sich mehr als 90 m (flächenhafte Ausdehnung: 0,16–0,2 km²) in die Ostsee. Die Alter der Kohlenstoffe (¹⁴C-Alter) deuten auf einen früheren Beginn der Moorbildung hin (6725 ± 87 cal yr BP) als bisher angenommen. Die Isotopensignaturen des untersten Torfes deuten auf einen rein terrestrischen Ursprung hin ($\delta^{13}C$ -28,9 ‰), wobei keine Fraktionierungsprozesse oder Verunreinigungen mit marinem organischem Kohlenstoff festgestellt wurden. Die Grenze der Torflagerstätten stimmt in etwa mit der seeseitigen Grenze eines dynamischen, küstenparallelen Sandrucks überein. In der nördlichen Küstenregion decken sich Anomalien (Temperatur, Salzgehalt, CH₄) im Bodenwasser mit dem Auftauchen der Torfe. Die unterschiedlichen Wechselwirkungen von torfhaltigem Küstensand auf den Kohlenstoffhaushalt im Flachwasser wurden in einem Säulenexperiment unter kontrollierten Bedingungen untersucht. Mit natürlich geschichteten Sedimenten konnte die Kopplung zwischen Flüssen und biogeochemische Prozessen, welche die Kohlenstoffumwandlung in Torfen unter küstennahen submarinen Grundwasserabflüssen steuern, zeigen. Die Säulen enthielten Sedimente mit und ohne Torfschichten (organischer Kohlenstoff, C_{org} , Gehalt 39 ± 14 Gew.-%), die abwechselnd mit sauerstoffreichem Brackwasser von oben (Salzgehalt ~18) und sauerstoff-, und salzarmem Grundwasser von unten (Salzgehalt ~1,6) versorgt wurden. Die Einleitung von salzarmem Grundwasser durch die Torfschichten ging mit steigenden Konzentrationen an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) einher, die im salzarmen Porenwasser übereinstimmende Isotopenverhältnisse wie die Festphase aufweisen. Die Freisetzung und der Aufstieg von DOC-angereichertem Porenwasser wurde von der Produktion von gelöstem anorganischem Kohlenstoff (DIC) und der Emission von Kohlendioxid (CO₂) begleitet, was eine Mineralisierung der organischen Substanz impliziert (z.B. Sauerstoffatmung, Sulfatreduktion (SO₄²⁻) und Methanbildung (CH₄)). Im Gegensatz dazu führte das Eindringen von sauerstoffhaltigem Brackwasser zu niedrigeren DOC- und DIC-Porenwasserkonzentrationen und deutlich niedrigeren CH₄- und CO₂-Emissionen. Diese Doktorarbeit veranschaulicht die starke Abhängigkeit des Kohlenstoffkreislaufs in flachen Küstengebieten mit submarinen Torfablagerungen von der Strömungs- und Mischdynamik innerhalb der Grundwasser-Brackwasser-Übergangszone.

Abstract

While the majority of coastal sediments consist of sandy and permeable material, in some areas marine ingression caused the submergence of terrestrial carbon-rich soils in the form of peatlands. These processes have implications for the nearshore marine carbon balance as peat represents a potential source of carbon-containing solutes and gases. This PhD-study combines both: geophysical and geochemical analysis of field data with hydrological processes and their effects on biogeochemical mineralization processes. Onshore- and offshore sediment cores and geo-acoustic surveys reveal that Holocene peat deposits with high organic contents (C_{org} 37–53 %) continue more than 90 m (areal extent: 0.16–0.2 km²) in front of the adjoining coastal peatland and nature reserve "Heiligensee und Hütelmoor". The study site was subject to the interdisciplinary research project Baltic TRANSCOAST, investigating the exchange processes across the land-sea interface. The results of the carbon ages point to a much earlier onset of the peatland formation (¹⁴C-dated to 6725 ±87 cal yr BP) than previously reported. The C-isotopic signature of the lowermost offshore peat suggests a purely terrestrial origin ($\delta^{13}C$ -28.9 ‰) while no fractionation processes or contamination with marine organic carbon could be detected. The outer boundary of the peat deposits roughly coincides with the offshore limit of a dynamic coast-parallel longshore bar. In the northern coastal area, temperature, salinity and bottom water CH₄ anomalies coincided with shallower outcropping peat deposits. The different influences of peat-containing, and non-peat containing coastal sands on the carbon balance in shallow water were therefore simulated under controlled conditions in an experimental study. The column experiments using naturally layered sediments were performed in order to better constrain the coupled flow and biogeochemical processes governing carbon transformations in submerged peat under coastal fresh groundwater discharge and recirculation of brackish water. The columns, containing sediments with and without peat layers (organic carbon, C_{org} , content 39 ±14 wt %), were alternately supplied with oxygen-rich brackish water from the top (salinity ~18) and oxygen-poor, low-saline groundwater from the bottom (salinity ~1.6). The discharge of low-saline groundwater through the peat layers was accompanied by increasing concentrations of dissolved organic carbon (DOC), having the same C-isotopic composition as the solid phase. The release and ascent of DOC-enriched pore water additionally resulted in the production of dissolved inorganic carbon (DIC) and emission of carbon dioxide (CO₂), which implies organic matter mineralization likely to be associated with oxygen respiration, sulfate (SO₄²⁻) reduction and methane (CH₄) formation. In contrast, oxygenated brackish water intrusion lowered DOC and DIC pore water concentrations and led to a significant decrease of CH₄ and CO₂ emissions. This PhD- study illustrates the strong dependency of carbon cycling in shallow coastal areas containing submerged peat deposits on the flow and mixing dynamics within the freshwater-seawater transition zone.