

2. Die Untersuchungsgebiete

2.1 Die nordschwedischen Palsamoore Stordalen und Storflaket

2.1.1 Geographie

Die beiden Palsamoore Stordalen ($68^{\circ} 20' \text{ N}$; $18^{\circ} 15' \text{ E}$) und Storflaket ($68^{\circ} 20' \text{ N}$; $18^{\circ} 58' \text{ E}$) befinden sich 200 km nördlich des Polarkreises in der Torneträsk-Region in Nordschweden nahe der Stadt Abisko in der diskontinuierlichen Permafrostzone (Abbildung 3 und 4) (Åkerman & Johansson, 2008; Alewell et al., 2011; Krüger et al., 2014). Das 16.5 ha umfassende Stordalen-Moor ist ein Palsakomplex, welcher etwa 10 km südöstlich der Forschungsstation von Abisko auf 360 m ü. M. liegt. Beim Storflaket-Moor handelt es sich um eine Palsaplateaulandschaft, welche sich 5 km südöstlich der Forschungsstation Abisko auf 402 m ü. M. befindet. (Bosio et al., 2012).

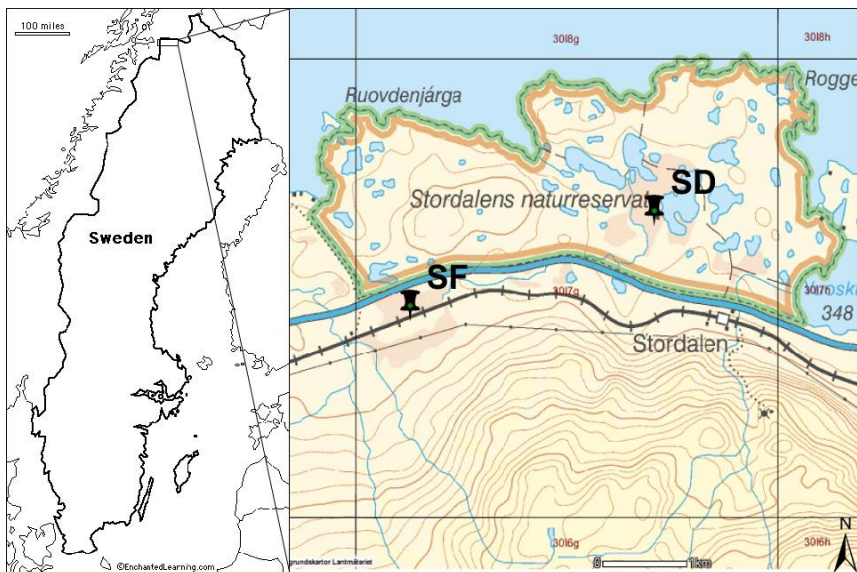


Abbildung 3: Standorte im Untersuchungsgebiet in Nordschweden. SD beschreibt die Stordalen-Standorte, SF beschreibt die Storflaket-Standorte (Länsstyrelserna GIS-tjänster – Sveriges Länkartor, 2008)

2.1.2 Klima und Hydrologie

Das Klima in der Region ist subarktisch mit einer gemittelten Jahresdurchschnitts-temperatur von 0.07°C und einem mittleren Jahresniederschlag von 308 mm, gemessen von 1985 bis 2006 an der Forschungsstation Abisko (Malmer et al., 2005; Bäckstrand et al., 2010). Die Torneträsk-Region zählt damit zur niederschlagsärmsten Region Schwedens. Die Vegetationsperiode dauert im Schnitt 130 Tage (Keuper et al., 2011), wobei die Julitemperaturen im Mittel 11.6°C erreichen, während der Februar im Mittel der kälteste Monat mit einer durchschnittlichen Temperatur von -10.9°C ist. Die Niederschläge sind annähernd gleichmäßig über das Jahr hinweg verteilt mit Maximalwerten im Juli von 50 mm und Minimalwerten von 12 mm im April. Die Region liegt von November bis April unter einer permanenten Schneebedeckung, welche jedoch mit 0 – 10 cm auf dem Hummocks und 10 – 60 cm in den Hollows eher gering ausfällt (Malmer et al., 2005). Aufgrund der somit fehlenden Isolationsschicht ergibt sich eine Permafrosttiefe von bis zu 16 m (Åkerman & Johansson, 2008). Die Schneeschmelze im April produziert 75 – 80 % des jährlichen Abflusses (Olefelt et al., 2012a). Der im Sommer auftauende Active Layer erreichte im Jahr 2012 eine Tiefe von 58 cm im Stordalen-Moor und 52 cm im Storflaket-Moor (Krüger et al. 2014), wobei er durchschnittlich um 0.7 – 1.3 cm im Jahr zunimmt (Åkermann & Johansson, 2008). Seit den 1980er Jahren ist zudem ein Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur wie auch des Jahresniederschlags zu beobachten. Im Zeitraum von 1986 bis 2000 war die Jahresdurchschnittstemperatur um 0.7°C höher als im Zeitraum von 1957 bis 1971, wobei vor allem die Frühjahrstemperaturen in den Monaten März bis Mai wesentlich zunehmen. Auch die Jahresniederschläge waren in den letzten zwei Jahrzehnten (1986 bis 2000) um 23 % höher als der Durchschnitt seit Beginn der Niederschlagsaufzeichnungen im Jahr 1913 (Malmer et al., 2005).



Abbildung 4: Das Stordalen-Moor (links) und das Storflaket-Moor (rechts) (Fotos Krüger et al. 2014)

2.1.3 Torfbildung und Vegetation

Der Torfbildungsprozess im Stordalen und Storflaket-Moor läuft seit etwa 5000 Jahren ab, wobei die Ablagerungen erst seit ungefähr 800 Jahren ombrotrophisch sind (Malmer et al., 2005). Die rezenten jährlichen Torfakkumulationsraten liegen bei $0.3 - 0.6 \text{ mm a}^{-1}$ (Alewell et al., 2011). Das Storflaket-Moor umfasst eine homogene Torfdicke von 0.5 m, während das Stordalen-Moor teilweise stark degradiert ist und ein lokal variierendes Mikrorelief mit Hummocks aufweist, welche zum Teil 1 – 3 m über ihre Umgebung, meist etwas feuchteren Standorten, angehoben sind (Alewell et al., 2011). Unter der Torfschicht befindet sich ein Siltlayer, der sich infolge von Kryoturbation mit dem unteren Torfhorizont vermischt. Auf den Hummocks dominiert eine trockenheitsadaptierte, ombrotrophe Vegetation mit Zwergsträuchern (*Empetrum hemaphroditum*, *Betula nana*), Flechten (*Cladonia* ssp.) sowie torfbildenden Moosen (*Spagnum fuscum*, *Diacranum elongatum*). In den Hollows, in denen minerotrophe Bedingungen herrschen, dominieren Graminoide wie *Carex rostrata* und *Eriophorum angustifolium* (Alewell et al., 2011). Bedingt durch den zunehmend auftauenden Permafrost zeichnet sich seit den 1980er Jahren ein Trend ab, dass sich die Vegetation stark von einer strauchig, ombrotrophen Gesellschaft zu einer vermehrt grasartigen, feuchtigkeitsliebenden minerotropen Gesellschaft entwickelt (Christensen et al., 2004).

2.1.4 Forschungsprogramme

Das Stordalen-Moor gilt in Nordschweden als bestuntersuchtes Moorgebiet, da es bereits in den frühen 1970er Jahren als Standort für Langzeitmonitoring-Projekte etabliert wurde. Die ersten intensiven Untersuchungen erfolgten im Zeitraum von 1970 – 1974 im Zuge des Tundra Biome Projects, woraufhin weitere Projekte abgewickelt wurden, von denen das CALM (circumpolar active layer monitoring)- Programm seit 1978 mit einer über 30 Jahre langen Datengrundlage läuft (Åkerman & Johansson 2008). Die beiden Moorgebiete sind zwar anthropogen relativ ungestört, allerdings erleichterte der Bau der Eisenbahnlinie von Kiruna nach Narvik den Zugang zu den Moorgebieten. Einheimische wie auch Touristen nutzen die Moorgebiete heutzutage häufig zur Erholung oder zum Beerensammeln sowie zum Fischen am angrenzenden Torneträsksee (Malmer et al., 2005).

2.2 Das Lakkasuo Moor

2.2.1 Geographie

Das Lakkasuo-Moor umfasst ein 120 ha großes Areal in Zentralfinnland und befindet sich etwa 18 km nördlich der Stadt Orivesi ($61^{\circ} 47' \text{ N}$ und $24^{\circ} 18' \text{ E}$) auf etwa 150 m ü. M. (Abbildung 5) (Laiho et al., 2011). Es handelt sich um einen Hoch-Niedermoor-Komplex vom Typ des „eccentric raised bog“ mit einem nach Süden ansteigenden mineralischen Unterboden, auf dem sich die Torfablagerungen fortlaufend entwickelt haben. Der höchste Punkt befindet sich mit 160 m ü. M. am südlichen Rand, von wo aus das Relief mit 12 m Gefälle auf 1750 m Länge kontinuierlich nach Norden abfällt (Laine et al., 2004).

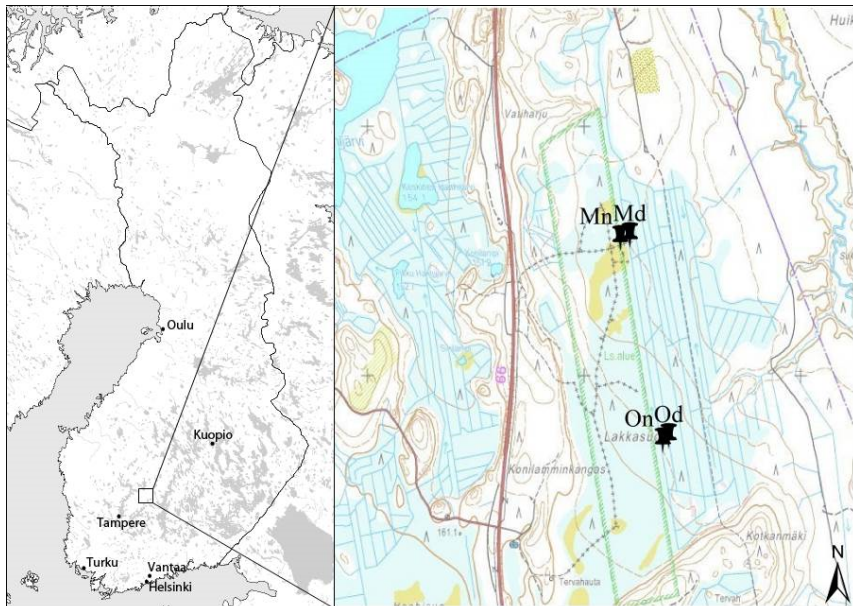


Abbildung 5: Standorte im Untersuchungsgebiet Lakkasuo. Mn steht für natürliche, minerotrophe Standorte, Md für drainierte, minerotrophe Standorte, On für natürliche, ombrotrophe Standorte und Od für drainierte, ombrotrophe Standorte (Maanmittauslaitos luprano, 2008)

2.2.2 Klima und Hydrologie

Das Klima in der Region ist boreal-kontinental geprägt mit starken monatlichen Temperaturamplituden. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur, gemessen am 5 km

entfernten finnischen Institut für Meteorologie in Juupajoki im Zeitraum von 1961 und 2000, beträgt 3 °C, wobei die Januartemperaturen bei durchschnittlich -7.4 °C und die Julitemperaturen bei durchschnittlich 15.5 °C liegen. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 713 mm, von dem ein Drittel während der Wintermonate als Schnee fällt (Riutta et al., 2007). Die Hydrologie des Mooregebiets ist scharf unterteilt; der südliche Teil wird ausschließlich ombrotroph gespeist, während im nördlichen Bereich minerotrophe Bedingungen vorherrschen. Dieses Phänomen wird bedingt durch den mächtigen Aquifer des Vatiharju-Esker westlich des Untersuchungsgebietes, dessen Grundwasser in der Mitte des Mooregebiets in das Moor einströmt und sich entlang des Höhengradienten nach Norden ausbreitet (Laine et al., 2004).



Abbildung 6: natürlicher minerotropher Standort (Mn) (links) und drainierter minerotropher Standort (Md) (rechts) im Lakkasuo-Moor (eigene Fotos)



Abbildung 7: natürlicher ombrotropher Standort (On) (links) und drainierter ombrotropher Standort (Od) (rechts) im Lakkasuo-Moor (eigene Fotos)

2.2.3 Vegetation und Torfbildung

Die Vegetation setzt sich im minerotrophen Bereich des Probennahmestandortes vor allem aus verschiedenen *Spagnum*-Torfmoosen sowie einzelnen Gräsern wie *Carex* ssp. und *Eriophorum angustifolium* zusammen. Vereinzelt treten auch Zwergsträucher wie *Betula nana* und *Vaccinium oxycoccos* sowie Schachtelhalme (*Equisetum fluviatile*) auf. Im ombrotrophen Bereich treten neben *Sphagnum fuscum* auch verstärkt Zwergsträucher wie *Empetrum nigrum*, *Vaccinium oxycoccos* und *Calluna vulgaris* sowie diverse Moose (*Cladonia* ssp.) auf (Abbildung 6 und 7). Die ältesten Torfablagerungen im Untersuchungsgebiet können auf 9200 Jahre B.P. an der östlichen Grenze zum Vathiharju-Esker zurückdatiert werden, wobei die meisten Ablagerungen 1000 – 2000 Jahre später im Atlantikum im Zuge einer fortschreitenden Versumpfung von Fichtenwäldern durch wärmeres und feuchteres Klima entstanden sind (Minkkinen et al., 1999). Die Torfbildung erfolgte in der Vergangenheit nicht kontinuierlich, da sie durch regelmäßig wiederkehrende natürliche Torfbrände massiv gestört wurde. Heutzutage liegt die Torfmächtigkeit im Durchschnitt bei 1.8 m, wobei sie am südlichen Rand bei 3.7 m liegt und nach Norden hin abnimmt (Laine et al., 2004).

2.2.4 Drainage und Folgen

Im Jahre 1961 wurde etwa die Hälfte des Moorgebiets durch 70 cm tiefe, in nord-südlicher Richtung verlaufende Gräben im Abstand von 40 – 60 m zugunsten der forstwirtschaftlichen Nutzung drainiert (Minkkinen et al., 1999). Dieser Eingriff führte einerseits zu einer massiven Absenkung des Wasserspiegels um 20 – 40 cm im minerotrophen Bereich sowie um mehr als 60 cm im ombrotrophen Bereich und andererseits zu einer starken Vegetationsänderung. Neben der Anpflanzung von *Pinus sylvestris* und *Betula pubescens* zu forstwirtschaftlichen Zwecken änderte sich auch die bodennahe Vegetation (Abbildung 8). Anstelle von Seggen oder grasartigen Vertretern treten vermehrt Zwergsträucher wie *Vaccinium vitis-idaea* im minerotrophen Bereich und *Ledum palustre* im ombrotrophen Bereich auf.

2.2.5 Forschungsprogramme

Das Lakkasuo-Moor gilt als das am längsten und am besten untersuchte Moorgebiet in Zentralfinnland. Bereits in den 1930er Jahren war der Standort Ziel von Bildungsexkursionen der Universität Helsinki. In den 1960er Jahren wurden erste permanente Messstationen installiert und im Zuge dessen zum Schutz der Vegetation Holzstege durch das Moorgebiet verlegt. Die Forschung der 1960er Jahre richtete sich vor allem auf die potentielle Holzproduktionskapazität von drainierten Moorgebieten aus, während die rezenten Forschungen seit den 1980er Jahren auf Klimawandel und die Bedeutung von Moorgebieten als terrestrische Ökosysteme in der globalen Kohlenstoffbilanz ausgerichtet sind (Laine et al. 2004).

Erhöhte CO₂-Emissionsraten in nordeuropäischen
Moorgebieten

Folgen des Klimawandels und der anthropogenen
Moordegradation

Schomburg, A.

2016, XVIII, 86 S. 27 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-13291-0