



Schottland – Einfluss des Klimawandels auf Landnutzung, Tourismus und Vegetation

Alexander Conrad
Jakob Junginger
Simon Möllenbeck

Inhalt

Überblick – S. 3

1. Einfluss des Klimawandels auf die Landwirtschaft Schottlands in der Umgebung des Ben Challum – S. 4

1.1 Der Klimawandel – S. 4

1.2 Auswirkungen der Abkühlung der kleinen Eiszeit auf die Landwirtschaft um den Ben Challum – S.7

2. Landnutzung – S. 11

2.1 Warum sind die schottischen Highlands so baumlos? – S. 11

2.2 Historische Landwirtschaft und ihre Anpassung an das raue Klima – S. 12

2.3 Energie und Landnutzung im Wandel – S. 13

2.4 Maritimes Klima prägt Schottland? – S. 13

2.5 Zwei Schottlands: Landnutzungskontraste zwischen den Lowlands und den Highlands – S. 14

2.6 Vom Weizenfeld zur Heidefläche: wie Klima und Topographie die Nutzung bestimmen – S. 15

2.7 Das Fischerdorf Mallaig – S. 16

3. Tourismus – S. 17

3.1 Tourismus in Aviemore: Zwischen Vielseitigkeit und Wandel – S. 17

3.2 Touristische Infrastruktur: Viel Angebot, wenig urbanes Leben – S. 19

3.3 Ein Ort zwischen Tristesse und touristischer Überformung – S. 20

4. Vegetation – S. 21

3.4 Küsten und Dünenvegetation: dynamische Systeme unter Druck – S. 21

3.5 Montane und subalpine Vegetation: empfindliche Hochlagen im Cairngorms-Nationalpark – S. 23

3.6 Moore und Feuchtgebiete – S. 25

3.7 Invasive Pflanzenarten: Neophyten als Verstärker ökologischer Veränderungen – S. 26

5. Fazit – S. 27

Klimawandel – Einfluss auf Landnutzung, Tourismus und Vegetation

Schottland bietet mit seinen vielfältigen Landschaftsräumen, von ausgedehnten Dünenfeldern über Hochmoore bis hin zu bedeutenden Tourismusorten, ein ideales Umfeld, um die Auswirkungen des Klimawandels in ihrer ganzen Bandbreite zu beobachten. Während unserer Exkursion haben wir verschiedene Regionen untersucht und dabei festgestellt, wie eng natürliche Prozesse, historische Entwicklungen und aktuelle gesellschaftliche Veränderungen miteinander verknüpft sind.

Im Bereich der Vegetation standen vor allem die Sands of Forvie im Mittelpunkt, wo sich Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation untersucht wurden. Ergänzend dazu boten die Highlands und das Rannoch Moor wertvolle Einblicke in sensible Mittelgebirgslandschaften und Feuchtgebiete, die besonders stark auf klimatische Schwankungen reagieren können.

Der Landnutzungswandel wurde exemplarisch an einem aufgegebenen Siedlungsstandort thematisiert, der

während der Kleinen Eiszeit nicht mehr bewirtschaftet werden konnte. Zudem wurden Kontraste in der Landnutzung in den unterschiedlichen Landschaften Schottlands beobachtet und die Abhängigkeit der Landwirtschaft mit dem sich teils stark unterscheidenden Klima beleuchtet.

Im Themenfeld Tourismus richteten wir unseren Blick auf Aviemore, einen bedeutenden Outdoor-Standort in den schottischen Highlands. Beobachtungen zur lokalen Infrastruktur sowie Interviews mit Mitarbeitenden aus Outdoor-Geschäften veranschaulichten, wie sich touristische Angebote und Anforderungen im Zuge klimatischer Veränderungen wandeln.

Diese Zeitschrift fasst unsere Ergebnisse zusammen und bietet einen Einblick in die Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Ökosysteme, Landnutzung und Tourismus. Sie soll dazu einladen, die beobachteten Entwicklungen einzuordnen und deren Bedeutung für die zukünftige Gestaltung dieser Landschaften besser zu verstehen.

1. Einfluss des Klimawandels auf die Landwirtschaft Schottlands in der Umgebung des Ben Challum

1.1 Der Klimawandel

Um den Einfluss des Klimas auf die Bewohner Schottlands zu verstehen, muss man die vergangenen klimatischen Bedingungen Schottlands rekonstruieren. Dafür ist es notwendig, die globalen Entwicklungen nachzuvollziehen, um davon ausgehend den Einfluss auf Schottland selbst abzuleiten. Zwar gibt es Proxydaten basierend auf schottischen Stalagmiten, jedoch sind diese zu ungenau und widersprüchlich um die lokalen Bedingungen zu rekonstruieren.

Der Zusammenhang zwischen den Klimaschwankungen und der Wachstumsrate der Tropfsteine besteht aufgrund der mit den klimatischen Bedingungen schwankenden CO₂-Produktion der Bodenatmung. Die Bodenatmung nimmt

mit erhöhter Temperatur oder abnehmendem Niederschlag zu (Proctor et al. 2000). Das rekonstruierte Wachstum der Stalagmiten als Indiz für die lokalen Klimaschwankungen (Abb. 5 base in Proctor 2002) entspricht nur mit einer zeitlichen Verzögerung von circa 10-15 Jahren in etwa den rekonstruierten Wassertemperaturen (Yndestad 2006, Proctor 2002). Daher müssen die historisch belegten Auswirkungen auf die Menschen mit den globalen Proxydaten verglichen werden (Abb.1). 1°C globaler Temperaturänderung entspricht in Schottland einer Änderung von 2,2°C (Scotese 2015, Scotese 2021).

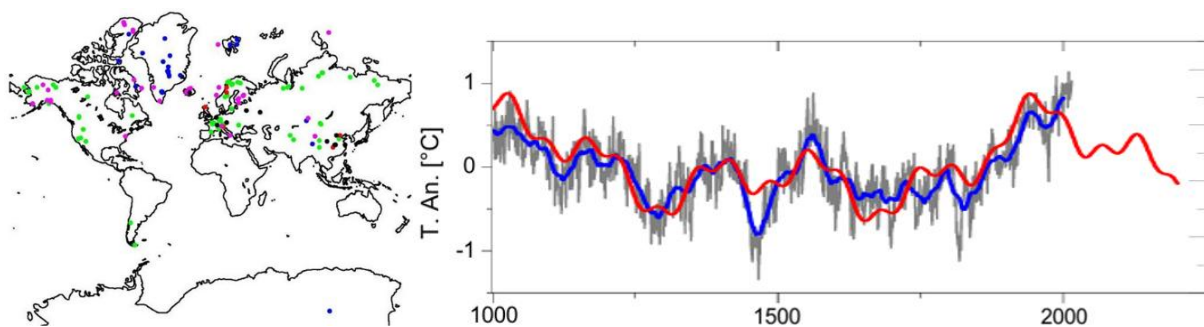


Abbildung 1 links: Standorte der verwendeten Proxy-Temperaturdaten. Die grüne Farbe kennzeichnet Baumringe, blaue Eiskerne, rote Spelothemen (Stalagmiten usw.), magentafarbene Sedimente und schwarze andere.

Abbildung 1 rechts: Die graue Kurve entspricht den Proxydaten aus dem linken Teil der Abbildung, die blaue dessen 31-jährigem, klimatischen Mittel, und die rote die Schwankungen von drei astronomischen Zyklen

Quelle: Lüdecke 2017

Wie sich im weiteren Verlauf des Artikels zeigen wird, stimmen die Proxydaten aus Abbildung 1 gut mit den historischen Überlieferungen überein.

Ab dem späten 13. Jahrhundert sanken Winter- und Sommertemperaturen und erreichten im 15. Jahrhundert einen deutlichen Tiefpunkt, insbesondere 1430–80 (Dodgson 2005, Lüdecke 2017) (Abb. 1). Nach einer Phase mit etwas wärmeren Bedingungen zwischen dem späten 15. und Mitte des 17. Jahrhunderts folgte zwischen 1645 und 1715 ein weiterer Temperaturrückgang, der als Maunder-Minimum bekannt ist, wobei die Temperaturen zwischen 1675 und 1715, dem sogenannten Spät-Maunder-Minimum, besonders niedrig

waren (Luterbacher, 2001,29). Auf eine wärmere Episode Mitte bis Ende des 18. Jahrhunderts folgte eine weitere Kältephase, die den Großteil des 19. Jahrhunderts andauerte. Bis 1900 begannen sich die Bedingungen zu verschlechtern, und im 20. Jahrhundert kehrten die Durchschnittstemperaturen auf das Niveau vor 1300 n. Chr. zurück (Mann o.a., 1998, 778-787).

Die Auswirkungen der kleinen Eiszeit waren in Schottland deutlich heftiger als in Südengland (Dodgson 2005). Während aktuell der Golfstrom bis zum westende Spitzbergens um Schottland fließt und dort ganzjährig für milde Temperaturen sorgt, war dies während der kleinen Eiszeit zeitweise nicht der Fall (Abb. 2) (Mö 2020).

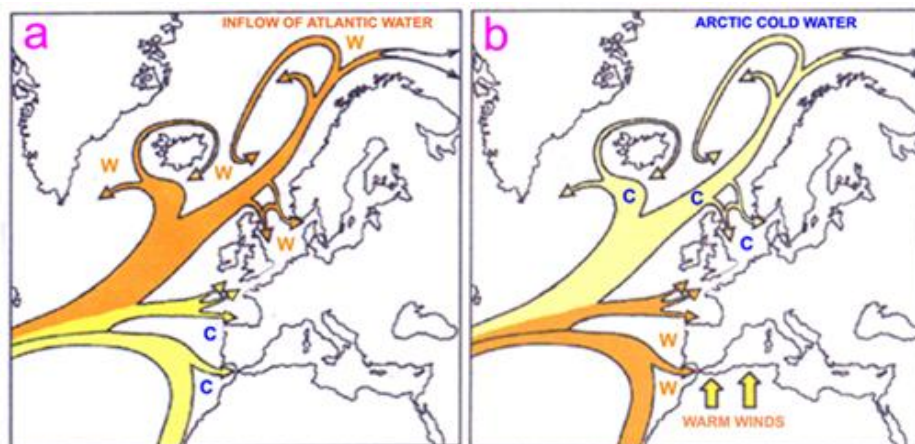


Abbildung 2: Umverteilung der Ozeanwassermassen und der im Ozean gespeicherten Wärme des Golfstroms. Die Typ-a-Zirkulation ist typisch für Grand Solar Maxima, und die Typ-b-Zirkulation ist typisch für ein Grand Solar Minima wie das der kleinen Eiszeit. Quelle: Mö 2020

Basierend auf den Daten der Wassertemperaturen um die Färöer Inseln ab 1867 schlussfolgerte Lamb (1988), dass die Meerestemperaturen im nordwestlichen Atlantik auf Schwankungen von 1,0 °C hindeuten, doppelt so hoch wie die Temperaturschwankungen für Zentralengland im gleichen Zeitraum. Das arktische Wasser reichte in den Jahrzehnten nach 1700 südwärts bis

nach Südost-Island, sodass die Temperaturen für den Zeitraum 1675–1704 auf der Südostinsel bis zu 4–5 °C kühler gewesen sein könnten als heute. Aufgrund der Ausbreitung des Meereises und polaren Wassers bis Island wurde der thermische Gradient zwischen den Breiten 50 °N und 60–65 °N im östlichen Atlantiksektor im Vergleich zu den meisten späteren Situationen im Luftzirkulationsmuster erhöht (Lamb, 1988,

129, Vinje 2001). Infolgedessen senkten Winde aus Norden und Nordwest wahrscheinlich die Lufttemperaturen im Norden Schottlands erheblich (Lamb, 1988, 109; Grove, 2004, 15-27). Die Hauptsturmbahnen verliefen nun nicht nur quer durch Großbritannien, sondern nahmen auch an Stärke zu (Lamb, 1988,

129). Die Temperaturen in Nordschottland lagen während der Kleinen Eiszeit wahrscheinlich ein oder zwei Grad niedriger als die von Manley für Zentralengland festgelegten Temperaturen (Lamb, 1988, 109; Manley, 1974, 389-405, Dodgson 2005) (Abb. 3 als Referenz).

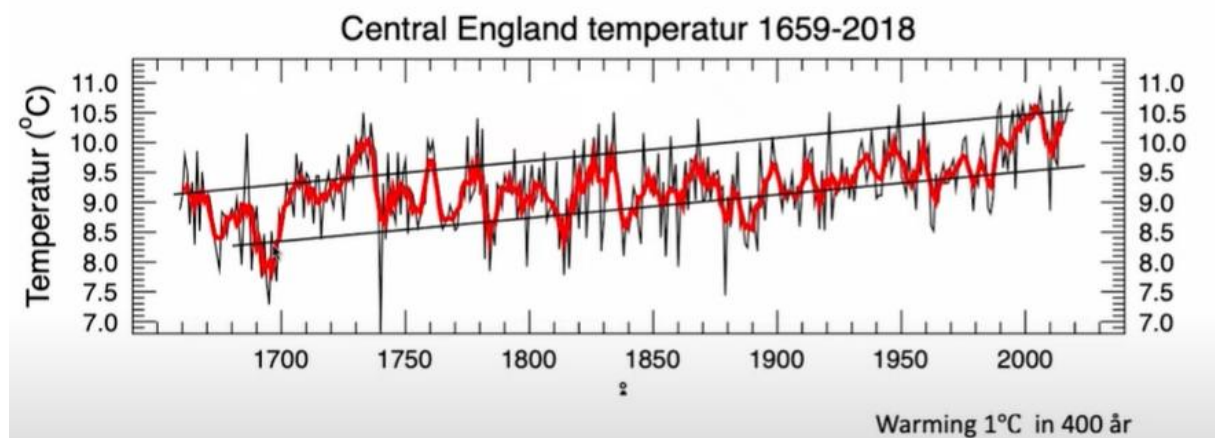


Abbildung 3: Messwerte des Temperaturanstiegs Zentralengland seit dem Tiefpunkt der kleinen Eiszeit. Quelle: Baliunas 1997.

Seit dem dem Temperaturminimum um 1700 n.Chr erwärmte sich das Klima Auchertyres bis heute von circa 6°C auf

eine Durchschnittstemperatur von 9°C (Abb. 4) (Climate Information for Auchertyre 2025).

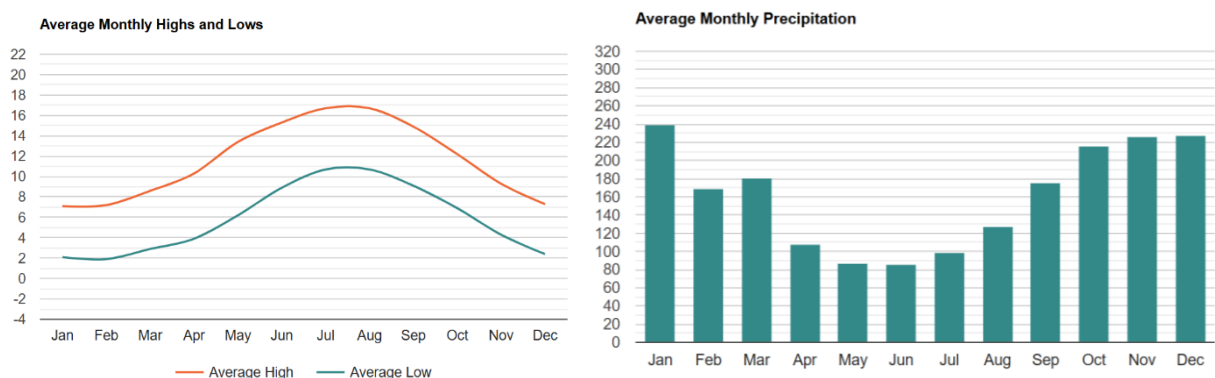


Abbildung 4: Rechts: Durchschnittliche monatliche Maximal- und Mindesttemperatur.

Links: Durchschnittlicher monatlicher Gesamtniederschlag in mm.

Quelle: Climate Information for Auchertyre 2025

1.2 Auswirkungen der Abkühlung der kleinen Eiszeit auf die Landwirtschaft um den Ben Challum

In den Highlands ist es wahrscheinlich, dass kurze Phasen mit ungünstigem Wetter (z. B. Stürme, kühle und feuchte Sommer, späte Frühlinge usw.) eine größere Bedrohung für die Lebensfähigkeit von Hochlagen darstellten als die Veränderung niedriger Durchschnittstemperaturen (Parry, 1978; Parry, 1981, 319-336).

Die kritische Schwelle war der Punkt, an dem die Ernteerträge für die Grundnahrungsversorgung und Saatgut im folgenden Jahr nicht mehr ausreichten. Im Fall von Pächterbauern wurde die kritische Schwelle in Zeiten sinkender landwirtschaftlicher Produktion früher erreicht. Der Pächter musste nicht nur genug für seine Familie und Saatgut produzieren, sondern auch genug, um die Miete zu decken. Die schottischen Highlands waren eine Landschaft von Pächterbauern, die einen hohen Anteil der Pachten in Mehl oder Getreide zahlten (Dodgshon, 1998, 125-141). Highland-Grundbesitzer reagierten meist, indem sie einen Aufschub der Miete gewährten. Mit der Zeit konnte die wachsende Unfähigkeit der Mieter, mit dem sich anhäufenden Mietrückstand umzugehen, dazu führen, dass Land aufgegeben wurde, bevor es für die reine Eigenversorgung nicht mehr reichte.

Von einigen hochliegenden, exponierte Siedlungen am Rand des Rannoch Moor in Glen Orchy westlich von Auchertyre, circa 13 Kilometer von den Ruinen des alten Bauernhofs von Auchertyre entfernt, sind die

Schwierigkeiten der kleinen Eiszeit überliefert.

Sowohl für den Glenorchy Teil des Breadalbane-Anwesens als auch der Rannoch Teil der Menzies-Anwesen nahmen die landwirtschaftlichen Erträge ab. Die Glenorchy-Pachtstätten für die Zeit 1668–78 zeigen, dass einigen Pächtern in den meisten Jahren Ruhezeiten gewährt wurden, so sehr, dass das Anwesen schließlich eine Liste der ausstehenden Ruhestätten für die Jahre auf beiden Seiten von 1670 erstellte. Viele Pächter hatten ähnliche Schwierigkeiten in den Jahren 1695–1702, als die Bedingungen für die Landwirtschaft wieder so schlecht waren, dass die örtlichen Pächter unter Hungersnot litten. Das Anwesen half bei der Verteilung billiger Mahlzeiten und gewährte einen Aufschub der Miete. Zum Beispiel verzeichnen die Glenorchy-Pachtregister für die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts einige Höfe als verwüstet. So zeigt etwa das Pachtregister von 1673, dass ein Teil der Pacht des Hofes Drumliart ausstand, doch 1674 sowie erneut 1675 und 1676 wurde es als vollständig verwüstet verzeichnet. Bis 1677 erhielt ein neuer Pächter einen Mietnachlass für den Bau eines neuen Gehöfts, und ab 1680 zahlte der Hof wieder die volle Pacht (Doghson 2005). Bemerkenswert an den Glenorchy-Belegen ist, dass die klimatische Verschlechterung in dieser Zeit offenbar zu keinen Unterbrechungen der Bewirtschaftung der stärker gefährdeten Höfe am Rand von Rannoch geführt hat: Clashgour, Achallader und insbesondere

Barravuich. In einer Erhebung von 1809 wurde Barravuich als hochrisikoreicher Hof beschrieben, „ausgesetzt heftigen Stürmen von Wind, Regen und Schnee, die plötzliche Wechsel von gemäßigten zu intensiver Kälte hervorrufen“. Dennoch legen die Pachtregister, die die schlimmsten Phasen des späten Maunder-Minimums abdecken, nahe, dass Barravuich niemals tatsächlich aufgegeben wurde (Doghson 2005).

Schlimmer als die Gegend um den Ben Challum waren die Bauern der Westküste aufgrund der stärkeren Sürme von der kleinen Eiszeit betroffen. Die Bedingungen waren so schlimm, dass es auf dem Aufstau der Mieten, folgend gezwungenermaßen große Flächen aufgegeben wurden. Den Mietverträgen von 1596 zufolge, welche während einer anhaltenden Phase sehr schlechter Ernten (1592–99) in Schottland zusammengestellt wurden,

wurden 36,5 von 139 Grundstücke 25 als Brache in North Kintyre gemeldet, während 45 von 205 Grundstücke in South Kintyre Brach lagen (Doghson 2005). Ein Zeitzeugen berichtet: „Jahre nach der Seuche (1647-8) kam eine schreckliche Hungersnot. Eisregen kam im Frühjahr herunter. Die Bauern konnten weder pflügen noch Crofter graben. Das Mais, als es aufstieg, reifte nicht ... Ein weiteres schlechtes Jahr folgte. Das Korn und Heu schien verschrumpelt, Menschen und Vieh starben, und Kintyre wurde fast zur Wüste“ (Lome, 1898).

Der langfristige Effekt des Klimawandels auf die Bewohner Schottlands lässt sich stellenweise noch heute gut an der Landschaft erkennen. 200 Meter über dem Meeresspiegel 56°25'15" N, 4°39'26" W liegt nördlich von Loch Lomond ein aufgebener Bauernhof (Abb. 5, 6).



Abbildung 5: Aufgebener Bauernhof am Lower Ben Challum neben Auchertyre. Quelle: Eigene Aufnahme 2025

Dieser war während der warmen Periode des Hochmittelalters (950-1300 nach Chr) noch in Betrieb, und wurde aufgrund der kleinen Eiszeit aufgegeben (Humlum 2020). Beim Betrachten des dem Bauernhof

gegenüberliegenden Nordhangs, erkennt man am farblichen Unterschied (Abb.3) welcher bis zu einer Höhe von circa 280 Metern über dem Meeresspiegel und 110 Meter über der Talsohle reicht.



Abbildung 6: Die roten Punkte kennzeichnen den Bereich, bis wohin aufwärts einst Landwirtschaft betrieben wurde. Quelle: Humlum 2008.

Als der alte Bauernhof in Betrieb war, wurden am gegenüberliegenden Hang größere Steine entfernt, um den Boden leichter pflügen zu können. Dadurch wirkt der untere Teil des Hangs heller. Aufgrund der höheren Lohnkosten und der heutzutage dort praktizierten Viehhaltung werden die Steine nicht mehr vom ehemaligen Acker gesammelt. Neben dem modernen Bauernhof befindet sich die Ruine eines Klosters, beziehungsweise einer Priory (Abb. 7). Das St. Fillan's Priory (oder St. Fillan's

Kirche) wurde 1318 von Robert the Bruce in der Nähe eines älteren Fundaments gegründet und gestiftet. St. Fillan hatte im 8. Jahrhundert das Christentum aus Iona gebracht und eine klösterliche Siedlung im nahegelegenen Auchtertyre gegründet. Nach seiner Niederlage in der Schlacht von Methven im Jahr 1306 erhielt Bruce Schutz in der alten Kapelle.



Abbildung 7: St. Fillan's Priory. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Aus Dankbarkeit schenkte er Land für den Bau eines neuen Fundaments und die Kirche in Killin an die Augustinermönche der Abtei Inchaffray, unter der Bedingung, dass sie das neue Priorat erhalten. Die St. Fillan's Priory war bis 1607 in Betrieb. Von dem einst mehr als 50 Meter langem Gebäude ist heute wenig erhalten, da die Steine zum Bau des benachbarten Bauernhauses und seiner Nebengebäude abgebaut wurden (St. Fillan's Priory 2025).

Aufgrund der heutzutage ähnlich guten Wachstumsbedingungen wie in der Mittelalterlichen Warmperiode, gibt es im Tal wieder einen Bauernhof namens „Kirkton Farm“, in dessen Umfeld weitläufig Gras für dessen Nutztiere Schafe und Rinder wächst. Dieser ist am unteren Ende des Hangs vorzufinden (Abb. 8). Im Jahr 1969 wurde die Farm vom damaligen West of Scotland Agricultural College (heute Teil von SRUC) gepachtet und als Forschungsstätte für Hügel- und Berglandwirtschaft etabliert (Upland Research Farms Reach 50-Year Summit 2025). Ein Teil der Weiden werden nicht von den Tieren abgerast, sondern gemäht, fermentiert und dienen den Tieren als Winterfutter. Ein Teil der Talsohle weiter östlich wird gepflügt. Hier wird Rüben oder Grünkohl, Ende April und Mai gepflanzt und im Winter geerntet. Um die Produktivität zu verbessern, wird in manchen Jahren stattdessen mehrjähriges Roggengras und Weißklee eingesät (Hill & Mountain Research 2025).



Abbildung 8: Neuer Bauernhof, Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

2. Landnutzung

2.1 Warum sind die schottischen Highlands so baumlos?

Schottlands Landschaft ist bekannt für ihre sanften, oft baumlosen Hügel. Aber was steckt wirklich dahinter, dass die Highlands heute so kahl wirken?

Jahrhundert beschleunigten die Entwaldung. Heute verhindern intensive Beweidung und wiederholte Rodung, dass sich Wälder auf natürliche Weise regenerieren. Doch das Klima spielt eine ebenso wichtige Rolle: Die Highlands sind bekannt für kühle Tempera-



Abbildung 9: Baumlose Berge im Glen Coe Quelle: Eigene Aufnahme 2025

Schon seit Jahrtausenden prägten Kalt und Gletscher die Topographie Schottlands. Wo davor dicht bewaldete Hügel lagen, blieb nach der Erosion der Berge vor allem Gras- und Heideland zurück. Ursprünglich bedeckten Wälder die Höhenlagen bis zur natürlichen Baumgrenze von etwa 600 bis 700 Metern. Seit dem Neolithikum, also etwa seit 4000 v. Chr., hat der Mensch zunehmend in die Natur eingegriffen: Wälder wurden systematisch für Ackerbau, Viehzucht und Siedlungsbau gerodet. Besonders die Schafzucht und die großflächigen Rodungen während der Highland Clearances im 18. und 19.

turen, häufige Niederschläge und starke Winde. Junge Bäume haben es schwer, unter solchen Bedingungen auf den oft sauren, nährstoffarmen Böden zu wachsen. Das begünstigt meist Moore, Heideflächen und Gräser statt Wälder. Trotz einiger Aufforstungsprojekte bleibt die schottische Kulturlandschaft ein Ergebnis aus harter Natur, menschlicher Geschichte und aktueller Landnutzung. Die baumlosen Hügel sind heute das Markenzeichen der Highlands sowie ein Spiegelbild der jahrhundertelangen Beziehung zwischen Mensch und Umwelt.

2.2 Historische Landwirtschaft und ihre Anpassung an das raue Klima

Warum ist die Landwirtschaft in Schottland so besonders und ganz anders als in Deutschland? Die Antwort liegt tief verwoben mit dem rauen Klima und der Geschichte der Highlands: Historisch gesehen war die schottische Landwirtschaft geprägt von einer ständigen Anpassung an schwierige Umweltbedingungen. Die Böden sind meist steinig und nährstoffarm, das Klima kalt, windig und regnerisch. Für intensive Ackerflächen fehlte es an Wärme und stabilen Wachstumsperioden. Deshalb setzten die Bewohner auf robuste Methoden und besonders auf die Viehzucht, vor allem mit Schafen und Highland-Rindern, die der Natur trotzen können. Ein wichtiges Kapitel in dieser Geschichte sind die Highland Clearances. Damals wurden tausende Familien von ihrem Land vertrieben, weil Großgrundbesitzer das Weideland mit profitabler Schafzucht bewirtschaften wollten. Das führte zu massiven Umsiedlungen an die harschen Küstengebiete oder zur Auswanderung ins Ausland. Crofting, also das Bewirtschaften kleiner Flächen für Mischanbau und Viehzucht, wurde zur überlebenswichtigen Strategie für die verbleibenden Bewohner. Diese frühe Landwirtschaft war geprägt von Improvisation: Kurze Wachstumsperioden zwangen die Bauern, schnell zu säen und zu ernten. Kartoffeln gewannen aufgrund ihrer robusteren Anbaubedingungen als Grundnahrungsmittel enorm an Bedeutung. Die weitere extensive Beweidung und das Bewahren traditioneller Sorten haben bis

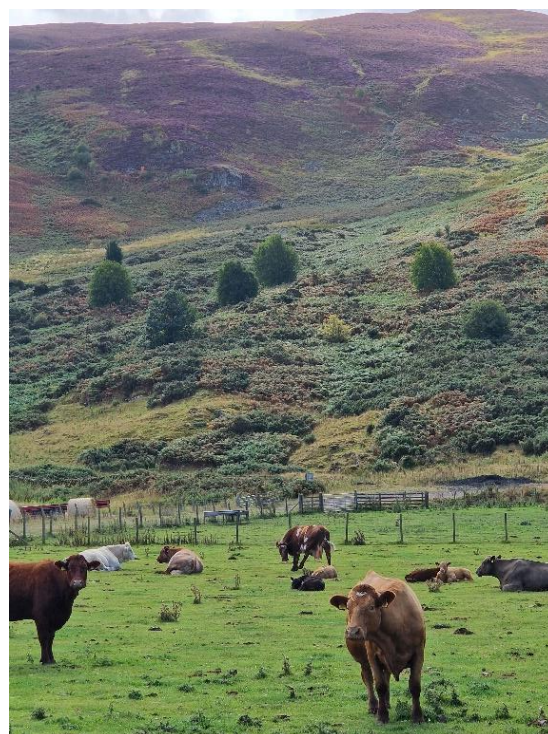


Abbildung 10: Typische Viehhaltung in Schottland.
Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

heute Bestand. Moderne Landwirtschaft in den Highlands bleibt weiterhin von diesen historischen Prägungen beeinflusst. Nachhaltigkeit und ökologisches Denken treten immer mehr in den Vordergrund. Aufforstungen, Schutz der Moorlandschaften und die Förderung traditioneller und touristisch vermarkter Tierarten wie des Highland-Rinds spiegeln ein Bewusstsein wider, das sowohl die Natur schützt als auch die Lebensgrundlage lokaler Gemeinschaften sichert. So zeigt sich, dass die Landwirtschaft in Schottland kein einfacher ökonomischer Sektor ist, sondern eine Geschichte von Anpassung, Widerstand und einem tiefen Verständnis für das raue Hochland. Eine Historie die angesichts des Klimawandels zum Vorteil der resistenten Landwirte werden könnte.

2.3 Energie und Landnutzung im Wandel

Früher war Torf in Schottland ein wichtiger Brennstoff, vor allem in den kargen Hochlandregionen, wo die Ressource Holz knapp war. Torf wurde über Jahrhunderte aus den Mooren gestochen und diente als Hauptquelle zum Heizen und Kochen. Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert trat zunehmend Kohle an seine Stelle. Sie lieferte mehr Energie und war einfacher zu transportieren, was die Landnutzung veränderte. Moore wurden teilweise entwässert, um Platz für Land- und Forstwirtschaft zu schaffen. Das natürliche Erscheinungsbild Schottlands, die Moor- und Heideflächen, wurden nach und nach zerstört. Heute wird sich für den Schutz und die Wiederherstellung von Mooren engagiert, die als wichtige CO₂-Speicher gelten. Parallel investiert das Land stark in erneuerbare Energien, insbesondere Windparks und Hydroenergie und damit in einen nachhaltigen Wandel. Damit zeigt sich in Schottland, wie Energiequellen und Landnutzung sich angesichts zuerst der Industrialisierung und nun dem Klimawandel über die Jahrhunderte wandeln, nämlich vom Torf zur Kohle und nun zu grüner Energie.

2.4 Maritimes Klima prägt Schottland?

Wer nach Schottland reist, begegnet einem Wetter, das von seiner Nähe zum Atlantik und dem Einfluss des Golfstroms bestimmt wird: dem maritimen Klima. Dieses sorgt dafür, dass Schott-

land ganzjährig eher milde Temperaturen und wechselhaftes, oft feuchtes Wetter erlebt. Charakteristisch sind kühle Sommer, in denen die Tageswerte selten über 20 °C steigen, und milde Winter, in denen das Thermometer oft zwischen 1 und 7 °C bleibt. Als Folge gibt es in Schottland kaum größere Kälte- oder Hitzeextreme. Die Westküste profitiert vom wärmenden Golfstrom und ist etwas wärmer und feuchter als der Osten – selbst Palmen wachsen dort an einigen Orten. Regen und Wind sind ständige Begleiter im schottischen Alltag. Besonders in den Highlands kommt es vereinzelt zu über 3000 mm Niederschlag jährlich. Auch häufiger Nebel, kurze Sonnenperioden und rascher Wetterwechsel sind typisch für das maritime Klima, das dadurch die Landnutzung in Schottland maßgeblich beeinflusst.

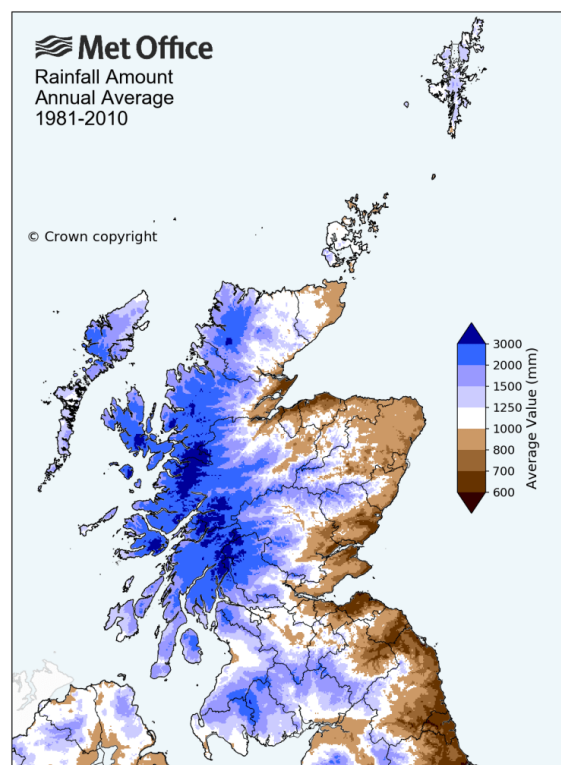


Abbildung 71: Durchschnittliche Jahresniederschlagswerte in Schottland in der Vergleichsperiode 1981 – 2010 (Quelle: Scottish Flood Forecasting Service).

2.5 Zwei Schottlands: Landnutzungscontraste zwischen den Lowlands und den Highlands

Ein Kontrast der in Schottland hängen bleibt, ist der zwischen dicht besiedelten, stark agrarwirtschaftlich genutzten Lowlands und den extensiv genutzten, dünn besiedelten Highlands. Dort verlaufen markante Contraste, die Landwirtschaft, Besiedlung und Wirtschaft in den beiden Regionen bis heute prägen.

Die Central Lowlands sind das am dichtesten besiedelte und landwirtschaftlich produktivste Gebiet des Landes. Hier bestimmen üppige Felder und flache Hügel das Bild. Dank nährstoffreicher Böden und gemäßigttem Klima gedeihen Getreide wie Gerste, Weizen und Hafer

ebenso wie Kartoffeln. An einigen Standorten können sogar Sonderkulturen wie Erdbeeren angebaut werden. Rund ein Viertel der Landesfläche wird hier als Ackerland genutzt, die Viehzucht ist stark exportorientiert, moderne landwirtschaftliche Betriebe dominieren das Bild. Auch Schottlands bedeutende Industriestandorte und die größten Städte, Glasgow und Edinburgh, liegen

in dieser Region. Nördlich des Highland Boundary Fault beginnt eine andere Welt: Die schottischen Highlands umfassen etwa ein Drittel der Landesfläche, wirken aber mit ihren kargen Moor- und Heidelandschaften, rauem Klima und spärlicher Bewaldung wie das Gegenteil der Lowlands. Intensive Landwirtschaft ist hier kaum möglich; statt Ackerbau überwiegen extensive Schaf- und Rinderhaltung auf häufig steinigem oder nassen Böden. Große Landflächen gehören

wenigen Eigentümern, seit Jahrhunderten ist Crofting verbreitet. Besiedelt sind die Highlands nur dünn und abseits der (touristischen) Städte wie Inverness und Fort William dominieren weite, scheinbar unberührte Landschaften.



Abbildung 12: Agrarflächen im Aberdeenshire als Symboldarstellung für die intensivisierte Landnutzung im Osten Schottlands im Gegensatz zum Westen Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Dieser Kontrast hat weitreichende Folgen: Während in den Lowlands mit ihren fruchtbaren Böden wirtschaftlich prosperieren und dichter besiedelt sind, kämpfen die Highlands bis heute mit Bevölkerungsrückgang, schwacher Infrastruktur und einem schwierigen Lebensumfeld. Staatliche Initiativen zum Schutz traditioneller Bewirtschaftungsformen,

zur Wiederaufforstung und zur Förderung des naturnahen Tourismus sollen die Highlands langfristig wirtschaftlich stabilisieren und ökologisch aufwerten.

Schottland vereint zwei gegensätzliche Landnutzungswelten: Die Lowlands stehen für landwirtschaftliche Leistungsfähigkeit, urbane Zentren und wirtschaftliche Dynamik; die Highlands für Abgeschiedenheit, extensive Viehhaltung und atemberaubende Naturlandschaften, die für Postkarten gemacht sind. Schottland ist ein Land im Zusammenspiel von Tradition und Veränderung.

2.6 Vom Weizenfeld zur Heidefläche: wie Klima und Topographie die Nutzung bestimmen

Ein Blick auf die Ost- und Westküste des Landes offenbart markante Unterschiede in ihrer Nutzung und Vegetation, die direkt mit den jeweiligen Umweltbedingungen verknüpft sind. Die schottische Ostküste präsentiert sich mit sanften Hügeln und weitläufigen Ebenen. Hier herrscht ein eher gemäßigtes Klima, das durch trockene Nordseewinde geprägt ist. Der Boden ist größtenteils fruchtbar und ermöglicht den erfolgreichen Anbau von Weizen, Gerste, Raps und Gemüse. Die flache Topographie und das regenärmere Klima fördern Ackerbau und erlauben eine intensive Nutzung des Bodens. Die Böden sind oft tiefgründig und nährstoffreich, sodass zahlreiche landwirtschaftliche Betriebe entstehen konnten. Besonders die Regionen um Aberdeen

und im Central Belt gelten als Kornkammern Schottlands. Die industrielle Entwicklung und Rohstoffe wie Nordseeöl haben die Ostküste wirtschaftlich erstarren lassen.

Ganz anders präsentiert sich die schottische Westküste. Sie ist von zerklüfteter Küstenlinie, Bergen, Mooren und Heidegebieten geprägt. Das Klima ist vom Atlantik beeinflusst: milder durch den Golfstrom, aber deutlich feuchter als im Osten. Der Regen begünstigt Torfbildung, jedoch ist die Landwirtschaft durch karge, steinige Böden stark eingeschränkt. Die Böden entstanden meist auf metamorphem Gestein mit sauren Substraten und mächtigen Torfschichten. Intensive Landwirtschaft ist hier kaum möglich, stattdessen dominiert extensive Schafhaltung auf den mageren Wiesen und Heiden. Wirtschaftlich wirkt der Westen (und Norden) eher abgehängt, Haupteinnahmequelle ist der Tourismus. Klima und Topographie bestimmen also, ob ein Gebiet als Getreidefeld genutzt oder als



Abbildung 138: Weitläufige Ackerflächen im Osten Schottlands, am Horizont der Highland Boundary Fault. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Heidefläche belassen wird. Die Ostküste fördert intensive Landwirtschaft dank günstigen Bodenverhältnissen und trockenem Klima. Die Westküste bleibt trotz milder Temperaturen eine Landschaft der Moore und Schafe, da steinige und torfige Böden sowie hohe Niederschläge den Ackerbau einschränken. Diese Gegensätze prägen nicht nur die Landwirtschaft, sondern auch die Kultur und den Alltag der Einheimischen. Während an der Ostküste Dörfer und Städtchen dicht besiedelt sind, lebt man im Westen oft abgeschieden. So spiegelt die Gesellschaft Schottlands in vielfacher Hinsicht ihre geologischen und klimatischen Wurzeln wider.

2.7 Das Fischerdorf Mallaig

Das schottische Fischerdorf Mallaig, gelegen am westlichen Rand der Highlands, ist vieles: Hafen, Fährknotenpunkt und ein Ziel für Eisenbahnromantik. Rund 800 Menschen leben hier und arbeiten traditionell in der Fischerei oder im Fährbetrieb, der Reisende auf die Isle of Skye und die umliegenden Inseln bringt. Besonders in der Hauptsaison, wenn täglich der historische Jacobite Steam Train, bekannt geworden aus Harry Potter, hier ankommt und gleichzeitig Fähren und Fischerboote ein- und auslaufen, ist hier in dem sonst schläfrig wirkenden Dorf einiges los: Mallaig ist eine vergleichsweise junge Ortschaft, die im 19. Jahrhundert als Fischersiedlung entstand und sich rasch zu einem wichtigen regionalen Hafen entwickelte. Mit Bahnanschluss und Hafenausbau gewann der Ort weiter an Bedeutung. Nachdem die Fischerei und

einige Fährverbindungen später zurückgingen, orientierte sich Mallaig zunehmend zum Tourismus und ist heute vor allem als Reiseziel und Verkehrsknotenpunkt bekannt. Während große Sehenswürdigkeiten fehlen, bezaubert Mallaig mit seiner Authentizität und frischer Meeresküche in zahlreichen Restaurants. Wer handfestes Fischerleben und den rauen Charme der Westküste erleben möchte, scheint hier gut aufgehoben. Mallaig ist ein Beispiel für den regionalen Nutzungswandel an der Westküste Schottlands, vom primären Sektor hin zu einem der größeren Tourismusstandorte der gesamten Region.



Abbildung 149: Der Hafen von Mallaig. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

3. Tourismus

3.1 Tourismus in Aviemore: Zwischen Vielseitigkeit und Wandel

Aviemore, eine Kleinstadt mit rund 3000 Einwohnern am westlichen Rand des Cairngorms Nationalparks, zählt zu den bekanntesten touristischen Zentren der schottischen Highlands. Trotz seiner geringen Größe verzeichnet der Ort jährlich über zwei Millionen Besucher, von denen mehr als 90 % aus dem Vereinigten Königreich stammen. Die touristische Infrastruktur ist dementsprechend stark ausgeprägt – und zugleich spiegelt sie den strukturellen und klimatischen Wandel wider, der den Ort zunehmend prägt.

Die Hauptsaison reicht von April bis August. In diesen Monaten dominieren Wander- und Fahrradtourismus: Rund 40 % der Gäste kommen zum Wandern, davon 36 % aus dem UK. Auch Wassersportarten gewinnen an Bedeutung und ergänzen das breite Outdoor-Angebot. Das zeigt sich besonders in der Vielzahl an spezialisierten Outdoor-Shops, die mit wechselnden Sortimenten auf Trends und Saisonalität reagieren.

Im Winter war Aviemore traditionell ein Zentrum des alpinen Skisports und galt lange als einer der wichtigsten Orte für Wintersport im UK. Doch milde Winter und ein deutlicher 70 %iger Rückgang der Wintersportaktivitäten in den letzten



Abbildung 15: Symbolbild für die Freizeitmöglichkeiten Aviemores. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Jahrzehnten verdeutlichen die klimabedingten Veränderungen. Der klassische Downhill-Skisport verliert an Bedeutung; stattdessen verlagert sich das Angebot zunehmend zu alternativen Aktivitäten wie Skitouring und Winterwanderungen, da für diese weniger Schnee benötigt wird und sie auch auf den Hochflächen machbar sind, ohne dass die Schneebedeckung bis ins Tal reicht. Das Ende des Downhill-Skisports in Schottland wurde laut Mitarbeitern eines Outdoorgeschäfts bereits in den 1990er Jahren auf die 2020er Jahre vorhergesagt, was sich heute auch so beobachten lässt. Auch das Glencoe Mountain Resort, an dem wir einige Tage später einen kurzen Halt gemacht haben, befindet sich im Nie-

dergang: Das Skigebiet dient heutzutage nur noch der Ausbildung der schottischen Jugend und dem Inlandtourismus. Diese Entwicklung wird auch durch die Besucherdaten Aviemores sichtbar: 90 % der Wintersportgäste stammen aus dem Vereinigten Königreich, internationale Touristen sind nur in geringem Maße vertreten. Für Inlandtourismus ist das Wintersportangebot derzeit noch ausreichend, eine wirkliche Konkurrenz zu den Wintersporthochburgen auf dem europäischen Festland ist Aviemore jedoch nicht.



Abbildung 16: Skilift Glencoe Mountain Resort. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

3.2 Touristische Infrastruktur: Viel Angebot, wenig urbanes Leben

Die touristischen Strukturen in Avimore sind zum Großteil darauf ausgelegt, dass die Besucher nicht auf die Angebote der Stadt angewiesen sind. Zahlreiche Hotels, Ferienwohnungen und groß dimensionierte Resort-Komplexe prägen das Stadtbild. Viele dieser Anlagen liegen am Rand der Siedlung und sind nur eingeschränkt mit dem Ortskern verbunden. Ihre umfassenden Freizeitangebote wie Kino, Spa, Restaurants oder andere Indoor-Aktivitäten schaffen weitgehend geschlossene Tourismusräume, in denen Gäste unter sich bleiben. Für den kleinen Ortskern kann dies wirtschaftliche Nachteile bedeuten, da wichtige Einnahmen an die Randlagen abwandern.



Abbildung 1810: Eingang eines Nachtclubs in Avimore.
Quelle: Eigene Aufnahme 2025.



Abbildung 17: Wegweiser für Touristen. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Auffällig ist auch die hohe Anzahl an Parkplätzen, die relativ gute Anbindung über die Bahnlinie sowie die Vielzahl an Ausschilderungen für Besucher. Trotz der vielen Angebote gibt es jedoch kaum einen ausgebauten öffentlichen Nahverkehr im Ort selbst; stattdessen existieren Sammelbus-Haltestellen, die hauptsächlich touristische Fahrten bedienen. Ergänzt wird das Gesamtbild durch einen zentral gelegenen Campingplatz und kindgerechte Angebote wie Spielplätze.

3.3 Ein Ort zwischen Tristesse und touristischer Überformung

Während der Sommermonate herrscht reger Betrieb, und viele Saisonarbeitskräfte werden zusätzlich beschäftigt. Doch in der Nebensaison zeigt sich ein vollkommen anderes Bild. Bei unserer Ankunft im September, bei gutem Wetter, aber außerhalb der Hauptreisezeit, wirkte der Ort überraschend leer. Viele Geschäfte hatten verkürzte Öffnungs-

zeiten, ein Großteil des Sortiments war bereits im Ausverkauf, und die breiten Straßen sowie die groß angelegte Infrastruktur standen in deutlichem Kontrast zur geringen Besucherzahl.

Besonders in diesen Zeiten wirkt Avimore stellenweise trist und überdimensioniert. Bei einem spontanen Gespräch mit Mitarbeitern eines Outdoorgeschäfts konnte zusätzlich zu den Eindrücken aus den Beobachtungen und dem Expertinnen-Input die Erfahrung der Einheimischen aus der Tourismusbranche in die Erkenntnisgewinnung miteinbezogen werden: Zwischen der Hauptsaison im Sommer und der kürzeren Saison für Wintersport gab es früher längere Übergangszeiten mit weniger Tourismus

und dementsprechend weniger Verkäufen. Diese werden jedoch mittlerweile deutlich kürzer und die Besucher fangen statt im April/Mai schon im Februar/März mit Fahrrad- und Wandertouren an, sodass es heute fast ganzjährig Besucher im Ort gibt. Bei unserem Besuch haben wir also gerade die kurze Pause nach den Sommerferien erwischt und deshalb weniger Touristen angetroffen. Trotz dieser Gegensätze bedient Avimore eine beeindruckend breite Palette an Tourismusformen:

Outdoor- und Aktivtourismus, Familienangebote, Resorts, Camping, Wassersport und ein sich wandelnder Wintersport. Die große strukturelle Vielfalt zeigt die anhaltende Bedeutung des Ortes für die

Region. Gleichzeitig machen die beschriebenen Entwicklungen deutlich, dass Avimore in besonderer Weise von klimatischen Risiken abhängig ist und sich kontinuierlich anpassen muss. Avimore bleibt damit ein exemplarischer Untersuchungsort für die Wechselwirkungen zwischen Tourismus, Klimawandel und regionaler Entwicklung – ein Ort, dessen Zukunft stark davon abhängen wird, wie gut es gelingt, das bestehende Angebot nachhaltiger, vielfältiger und resilienter auszurichten.



Abbildung 19: Outdoorgeschäft im Saisonschlussverkauf in Avimore.
Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

4. Vegetation

Die schottischen Landschaften – von mobilen Küstendünen über Hochmoore bis hin zu montanen Wäldern – reagieren sensibel auf klimatische Veränderungen. Während der Exkursion wurden an verschiedenen Standorten (u. a. Montrose Bay, St Cyrus, Sands of Forvie, Glen Affric, Cairngorms und Rannoch Moor) Vegetationstypen, geschützte und charakteristische Arten sowie invasive Neophyten kartiert. Im Folgenden werden zentrale Vegetationseinheiten vorgestellt und vor dem Hintergrund des Klimawandels sowie der zunehmenden Bedeutung invasiver Arten diskutiert.

4.1 Küsten- und Dünenvegetation: dynamische Systeme unter Druck

An der Ostküste in den Sands of Forvie wurden typische Vegetationsabfolgen von Strand über mobile Dünen bis hin zu stabilisierten Dünenheiden beobachtet. Kennzeichnend ist die Dominanz des Strandhafers, der mit seinem Wurzelsystem maßgeblich zur Stabilisierung der Dünen beiträgt. In den Dünentälern und saisonal überfluteten



Abbildung 2011: Stabilisierende Wurzeln des Strandhafers. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.



Abbildung 2112: Flatter-Binse in den Forvie Sands. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Bereichen wurden Arten wie die feuchtigkeitsliebende Flatterbinse oft angetroffen.

Das Forvie National Nature Reserve gilt als eines der bedeutendsten Dünengebiete Schottlands: Es umfasst ein weitgehend natürliches, mobiles Dünensystem mit einer vollständigen Sukzession von offenen Sandflächen über Gras- und Strauchdünen bis hin zu Heide-Dünen (mit u. a. Besenheide), die sich allerdings im Nor-

den des Gebiets befinden, der nicht auf der Exkursion besucht wurde.

Stattdessen konnte auf der Wanderung durch die südlichen Forvie Sands die Gewöhnliche Krähenbeere kartiert werden, die sich ähnlich wie die Besenheide verhält und durch dichte Teppiche stabilisierend wirkt und auf nährstoffarmen Standorten konkurrenzstark ist. Zudem sind sowohl die Besenheide als auch die Schwarze Krähenbeere tolerant gegenüber Windstress, was sich positiv auf ihr Fortbestehen in Hinblick auf potenziell häufigere und stärkere Stürme auswirkt.



Abbildung 22: Unbewachsene Sandfläche der Forvie Sands. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Die natürliche Dynamik zwischen Abtragung und Ablagerung von Küstensedimenten und deren Auswirkung auf das Ökosystem ist ein zentraler Grund



Abbildung 23: Deflationspanne mit bewachsenen Dünen in den Forvie Sands. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

dafür, dass Forvie als Schauobjekt dafür beschrieben wird, wie intakte Dünen an der Küste Pufferfunktionen gegenüber Meeresspiegelanstieg und stärkeren Sturmereignissen übernehmen

können. Gleichzeitig steht dieser Küstentyp stark unter Einfluss menschlicher Nutzung: In Forvie grenzt intensive Landwirtschaft direkt an das Schutzgebiet, sodass Nährstoffeinträge (Dünger)

potenziell in die Dünenflächen und das Ästuar gelangen können. Zusammen mit klimawandelbedingt häufigeren Starkregenernissen kann dies die Nährstoffarmut dieser Spezialstandorte aufheben und konkurrenzstarke Gräser oder Neophyten begünstigen.

Invasive Arten wie der Riesen-Bärenklau und das Drüsige Springkraut konnten weder auf der Wanderung in den Sands of For-

vie noch am Standort der Montrose Bay weiter im Süden festgestellt werden. Allerdings war für die Montrose Bay auch deutlich weniger Zeit eingeplant, weshalb dort nur ein kurzer Besuch möglich

war und an dem Standort keine der beiden Arten anzutreffen war. Dennoch sind sie laut dem Local Nature Reserve Montrose Basin aufgrund der vielen Samen, die produziert werden können und die auf die Ausbreitung im Wasser ausgelegt sind, ein zunehmendes Problem in dem Gebiet sind, das im Einflussbereich der Gezeiten regelmäßig überflutet wird.



Figure 2413: Montrose Bay bei Ebbe. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

In den Sands of Forvie konnten durch eine längere Wanderung mehrere Formen und damit auch Lebensräume untersucht werden und außer einige Exemplare des Schmalblättrigen Weidenröschens (einheimisch, verhält sich aber teilweise invasiv) in Randbereichen, konnten bei unserem Besuch keine Arten gefunden werden, die in der Recherche zuvor als problematisch eingestuft wurden.

4.2 Montane und subalpine Vegetation: empfindliche Hochlagen im Cairngorms-Nationalpark

Schottland beherbergt über 90 % der montanen (alpin geprägten) Lebensräume des Vereinigten Königreichs. Diese Gebiete sind Rückzugsräume für reliktsche arktisch-alpine und endemische Pflanzenarten und damit von hoher naturschutzfachlicher Bedeutung. In Glen Affric und in den Cairngorm Mountains wurden typische Elemente des kaledonischen Kiefernwaldes sowie Übergänge zu baumfreien, windgeprägten Hochlagen beobachtet.



Figure 2514: Kaledonische Kiefern im Glen Affric. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

Auffällig ist im Cairngorm-Gebiet die niedrig liegende Baumgrenze (ca. 700–800 m) und das abrupte Ende des geschlossenen Waldbestands: Oberhalb dominieren niedrige Gräser und Zwerg-

sträucher, während windgeformte, einseitig beästete Kiefern („Fahnenbäume“) die starken Winde anzeigen. Auch kann man die Höhenlage und damit die Exposition der Vegetation anhand ihrer Größe ablesen: Mit zunehmender Höhe nimmt die Größe der Heidesträucher ab, da sie dort den starken Winden und kälteren Temperaturen ausgesetzt ist. Auch die Schneebedeckung im Winter hat eine Auswirkung auf die Bodenbedeckung mit Heidekraut. In geschützten Lagen, wo sich der Schnee im Winter ansammeln kann, legt er sich schützend über die Vegetationsschicht, sodass sie den harschen Bedingungen nicht mehr ausgesetzt ist. An exponierten Lagen auf dem Gipfel kann sich der Schnee durch die höheren Windgeschwindigkeiten nicht dauerhaft ansammeln, was zu einer Abnahme der Vegetationsdecke führt. Auf den Gipfel des Meall a' Bhuaichaille (Abb. 27) befindet sich nur



Abbildung 26: Schotterfeld auf dem Ben Nevis. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

noch Schutt, der dann über eine niedrige Vegetationsbedeckung in das gewohnte Mosaik aus Heidekraut und Gräsern in den tieferen Lagen übergeht. Auf dem Ben Nevis (Abb. 26) lässt sich ein ähnliches Muster erkennen, nur dass die vegetationsarme Zone einen



Abbildung 2715: Blick vom Gipfel des Meall a' Bhuaichaille. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

deutlich größeren Teil des Gipfels einnimmt, da Ben Nevis insgesamt ein höherer Berg ist. In Zukunft könnte die Vegetation in den höheren Lagen der Highlands auf der einen Seite durch mildere Temperaturen im Winter weniger ungünstigen Bedingungen ausgesetzt sein, auf der anderen Seite ist durch den immer häufiger ausbleibenden Schneefall der natürliche Schutz vor den winterlichen Winden nicht mehr gegeben, was einen zusätzlichen Stressfaktor darstellt. Gleichzeitig ist die Vegetation der Hochlagen nicht allein durch das Klima geprägt, sondern auch durch Landnutzung: Weidenutzung, Wildverbiss durch Rothirsche und Aufforstungsmaßnahmen (Monokulturen, Kahlschläge) steuern maßgeblich, ob sich naturnahe Waldgesellschaften regenerieren können oder offene Heide- und Graslandschaften dominieren. In Kombination mit dem Klimawandel entscheidet dieses Zusammenspiel darüber, ob sensible Arten zurückgedrängt oder durch Renaturierungsprojekte stabilisiert werden.

4.3 Moore und Feuchtgebiete

Rannoch Moor repräsentiert ein großflächiges Hoch- und Niedermoor-Mosaik, das als Special Area of Conservation (SAC) ausgewiesen ist. Es spielt durch die Speicherung großer Mengen an organischem Kohlenstoff in Form von Torf eine wichtige Rolle in der Klimaregulation. Außerdem bildet es ein Archiv für die Rekonstruktion der Klima- und Vereisungsgeschichte.

Auf der Exkursion lag am Standort Rannoch Moor der Fokus auf der letzten Vereisung, dem Loch Lomond Stadium, jedoch konnten auch hier einige Pflanzenarten kartiert werden. Als typischer Vertreter für feuchte Gebiete wurde die Moor-Gagel gefunden. Sie kommt in Schottland zwar noch regelmäßig vor, wird in Deutschland jedoch durch den Rückgang ihres Lebensraums schon als gefährdet eingestuft, was mit deutlich trockenerem Wetter sowie vermehrten menschlichen Eingriffen in Zukunft passieren könnte.



Abbildung 28: Moor-Gagel im Rannoch Moor. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.



Abbildung 2916: Rannoch Moor. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

4.4 Invasive Pflanzenarten: Neophyten als Verstärker ökologischer Veränderungen

Während der Exkursion wurden an mehreren Standorten invasive oder potenziell invasive Arten nachgewiesen, darunter der Riesen-Bärenklau, das Drüsige Springkraut, sowie einheimische Arten mit invasivem Verhalten wie das Schmalblättrige Weidenröschen. Entlang des Flusses Spey trat das Drüsige Springkraut als typische Ufer-Neophyte auf, die zuvor an der Montrose Bay erwartet wurde. Doch auch hier können sich die Samen schnell und weit durch den Fluss ausbreiten und somit einheimische Arten verdrängen. Der Riesen-Bärenklau wurde insgesamt zwar einige Male entdeckt, jedoch nicht in der Dichte und Anzahl wie das Drüsige Springkraut. Offizielle schottische Übersichten nennen zudem noch den Rhododendron und den Japanischen Staudenknöterich als besonders problematische invasive Pflanzenarten. Sie sind besonders konkurrenzstark und breiten sich schneller aus als ihre einheimische Konkurrenz. Aufgefallen ist besonders der Rhododendron bei einer Wanderung vor Start der Exkursion in einem Waldstück bei Blair Atholl in den südlichen Cairngorm Mountains, wo er sich stark ausgebreitet hat und durch eine dichte Beschattung des Waldbodens das Wachstum junger einheimischer Bäume behindert.



Abbildung 18: Drüsiges Springkraut im Spey. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.



Abbildung 3117: Junger Rhododendron im Glen Tilt. Quelle: Eigene Aufnahme 2025.

5. Fazit

Die Beiträge dieser Zeitschrift zeigen, wie eng Klima, Landnutzung, Tourismus und Vegetation in Schottland miteinander verflochten sind. An sehr unterschiedlichen Standorten – von aufgegebenen Hofstellen in den Highlands über Moore und Küstendünen bis hin zu touristischen Orten wie Aviemore oder Mallaig – wird deutlich, dass der Klimawandel bestehende Entwicklungen verstärkt und historische Nutzungsmuster sichtbar macht. Der verlassene Hof aus der Zeit der Kleinen Eiszeit verweist auf frühere Klimarisiken für die Landwirtschaft; heute verschieben sich Nutzungsspielräume zwar, strukturelle Nachteile der Highlands bleiben aber bestehen. Moor- und Küstenlandschaften wie Rannoch Moor und die Sands of Forvie verdeutlichen die doppelte Rolle von Ökosystemen: Sie sind einerseits empfindliche Lebensräume für spezialisierte Arten, andererseits wichtige Kohlenstoffspeicher und Schutzräume gegenüber Meeresspiegelanstieg und Extremereignissen. In den montanen Bereichen der Highlands machen niedrige Baumgrenzen und Zwergstrauchheiden den starken Einfluss von Kälte, Wind und Schneedecke sichtbar und zeigen zugleich, dass der Rückgang der Schneebedeckung neue Stressfaktoren für die heimische Vegetation schafft. Invasive Arten wie das Drüsige Springkraut oder der Rhododendron verdeutlichen zusätzlich, wie Klimawandel, gestörte Lebens-

räume und Globalisierung zusammenwirken und heimische Ökosysteme unter Druck setzen. Der Tourismus reagiert besonders sichtbar auf diese Veränderungen. Aviemore steht exemplarisch für einen Ort, der sich von einem stark wintersportorientierten Zentrum hin zu einem breiter aufgestellten Outdoor-Standort entwickelt, in dem Wandern, Radfahren und Wassersport an Bedeutung gewinnen. Gleichzeitig erzeugen groß dimensionierte Resorts, saisonale Schwankungen und eine stark auf Individualverkehr ausgerichtete Infrastruktur neue Herausforderungen für Ortsbild, Ökologie und regionale Wertschöpfung. Insgesamt zeigt sich Schottland als Beispielraum dafür, wie Klimawandel Nutzung, Wahrnehmung und ökologische Grundlagen von Landschaften gleichzeitig beeinflusst. Ein zentrales Ergebnis ist, dass Anpassungsstrategien nur dann tragfähig sind, wenn sie sektorübergreifend gedacht werden: Landwirtschaft, Tourismus, Moor- und Waldschutz sowie das Management invasiver Arten müssen zusammengedacht werden, um Landschaften nicht nur zu nutzen, sondern langfristig widerstandsfähig zu gestalten.

Vielen Dank für die Große Exkursion
2025 nach Schottland!

Eure Forschungsgruppe Klimawandel
:)

Literatur

Baliunas, Sallie, et al. "Time scales and trends in the central England temperature data (1659–1990): A wavelet analysis." *Geophysical Research Letters* 24.11 (1997): 1351-1354.

"Climate Information for Auchtertyre" Scottish Climate, <https://www.scottish-places.info/towns/townclimate2497.html>. Accessed 20 Nov. 2025.

Dodgshon, Robert A. "The Little Ice Age in the Scottish Highlands and Islands: documenting its human impact." *Scottish geographical journal* 121.4 (2005): 321-337.

"Hill & Mountain Research." SRUC, www.sruc.ac.uk/research/research-facilities/hill-mountain-research/. Accessed 24 Nov. 2025.

Yndestad, Harald. "The influence of the lunar nodal cycle on Arctic climate." *ICES Journal of Marine Science* 63.3 (2006): 401-420.

Lamb, H.H. (1988). The Little Ice Age period and the great storms within it, in MJ. Tooley & G.M. Sheail (eds), *The Climatic Scene*. London: Allen & Unwin, 104-131.

Luterbacher, J. (2001). The Late Maunder Minimum (1675-1715) - Climax of the 'Little Ice Age', in Europe, in P.D. Jones, A.E.J. Ogilvie, T.D. Davies & K.R. Brütting (eds), *History and Climate. Memories of the Future?* New York: Kluwer.

Lüdecke, Horst-Joachim, and Carl-Otto Weiss. "Harmonic analysis of worldwide temperature proxies for 2000 years." *Open Atmos. Sci. J* 11 (2017): 44-53.

Manley, G. (1974). Central England temperatures: monthly means 1659-1973. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 100, 389-405.

Mann, M.E., Bradley, R.S. & Hughes, M.K. (1998). Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* 778-787.

Mö, Nils-Axel, et al. "Changes in Barents Sea ice edge positions in the last 440 years: A review of possible driving forces." *International Journal of Astronomy and Astrophysics* 10.2 (2020): 97-164.

Montrose Basin LNR (2013): Invasive Aliens taking over at Montrose Basin! <http://www.montrosebasin.org.uk/BasinNotes/bnjun13.htm> (letzter Zugriff: 27.11.2025).

Nature Scot (2025): Forvie National Nature Reserve. <https://www.nature.scot/enjoying-outdoors/visit-our-nature-reserves/forvie-national-nature-reserve> (letzter Zugriff: 27.11.2025).

Parry, M.L. (1978). *Climatic Change, Agriculture and Settlement*. Folkestone: Dawson. Parry, M. L. (1981). *Climatic change and the agricultural frontier: a research*

strategy', in T.M.L.Wigley, M.J. Ingram & G. Farmer (eds), *Climate and History*. Cambridge: Cambridge University Press, 319-336.

Proctor, C., Andrew Baker, and W. Barnes. "A three thousand year record of North Atlantic climate." *Climate Dynamics* 19.5 (2002): 449-454.

Proctor CJ, Baker A, Barnes WL, Gilmour MA (2000) A thousand year speleothem proxy record of North Atlantic climate from Scotland. *Clim Dyn* 16: 815–820

Robert A. Dodgshon (2005) The little ice age in the Scottish Highlands and Islands: Documenting its human impact, *Scottish Geographical Journal*, 121:4, 321-337, DOI: 10.1080/00369220518737243

Scotese, Christopher R., et al. "Phanerozoic paleotemperatures: The earth's changing climate during the last 540 million years." *Earth-Science Reviews* 215 (2021): 103503.

Scotese, Christopher R. "Some thoughts on global climate change: the transition from icehouse to hothouse." *Paleomap project* 21.2 (2015).

Scottish Invasive Species Initiative (2025): Invasive non-native plants. <https://invasivespecies.scot/invasive-plants/> (letzter Zugriff: 29.11.2025).

"St Fillan's Priory." *Gazetteer for Scotland*, scottish-places.info, <https://www.scottish-places.info/features/featurefirst8466.html>. Accessed 20.11.2025

"Upland Research Farms Reach 50-Year Summit." SRUC, 11 Nov. 2019, <https://www.sruc.ac.uk/all-news/upland-research-farms-reach-50-year-summit/>. Accessed 27 Aug. 2025.

Vinje, T. 2001. Anomalies and trends of sea ice extent and atmospheric circulation in the Nordic Seas during the period 1864e1998. *Journal of Climate*, 14: 255e267.