

## Klimawandel und Wintersport in Mittelgebirgen



**Schwierige Zeiten für die Skigebiete: Mit dem Klimawandel ist ein Verlust an Schneesicherheit verbunden. Noch rechnen sich touristische Investitionen in den Hochlagen deutscher Mittelgebirge. Doch bereits Mitte dieses Jahrhunderts wird es dort eng für kommerziellen Wintersport.** *Von Christoph Schneider, Tobias Sauter und Björn Weitzenkamp*

Gibt man sich auf den Straßen alle Mühe, eine Schneedecke so rasch wie möglich zu entfernen, so ist sie auf den Hängen deutscher Mittelgebirge hoch willkommen. Ist die Schneehöhe ausreichend, wird sie vielfältig zum Wintersport genutzt. Der winterliche Schnee in den Mittelgebirgen stellt insofern eine entscheidende Georessource im Tourismussektor dar. Mindestens 10 cm Schnee sind jedoch erforderlich, um Wintertourismus aufrecht zu erhalten. Im Unterschied zu den Mittelgebirgen garantieren die alpinen Skigebiete schon allein aufgrund der Höhenlagen im saisonalen Vergleich eine deutlich größere Schneewahrscheinlichkeit (**Karte**).

In den deutschen Mittelgebirgen haben sich mittels umfangreicher Investitionen zahlreiche Skigebiete und Wintersportzentren etabliert, die aufgrund relativ kurzer Anfahrtswege aus den Ballungsräumen eine hohe Attraktivität besitzen. Immer mehr Gemeinden setzen auf spezielle Wintersportinfrastruktur, die weit über die Errichtung und Unterhaltung von Skipisten und Liften hinausgeht, um sich von der starken Konkurrenz abzusetzen und der anhaltenden Ausdifferenzierung der Wintersportaktivitäten gerecht zu werden.

### Wetterlagen und regionale Schneewahrscheinlichkeit

In Deutschland dominieren im Winter die Westwetterlagen. Die Luftmassen erreichen Mitteleuropa vom Atlantik kommend relativ warm und mit hoher Luftfeuchtigkeit. Die selteneren Ostströmungen hingegen sind im Winter sehr kalt und trocken. Die unterschiedliche regionale Ausbildung der Schneedecke in Deutschland (**Karte**) wird, außer von den Eigenschaften der einströmenden Luftmassen, auch von weiteren Faktoren beeinflusst. So sind der Abstand zur See (Maritimität) und die Höhenlage eines Ortes wichtige Einflussgrößen (Schneider/Schönbein 2003). Aus Nordwesten vorstoßende Luftmassen treffen zum Beispiel ungehindert auf das Hochsauerland (Rothaargebirge), während der Feldberg im Schwarzwald im Windschatten einiger, weiter westlich befindlichen Mittelgebirgsrücken liegt, an denen die Luft Feuchtigkeit verliert. Dies erklärt unter anderem, warum z. B. auf dem Brocken im Harz (1142 m) mit durchschnittlich mehr Schnee zu rechnen ist, als auf dem Feldberg im Schwarzwald (1495 m).

### Zukünftig weniger Schneetage

Schneearme Winter führen zu wirtschaftlichen Schwierigkeiten für Liftbetreiber, Gastronomie und Hotellerie. Die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels in den Wintersport- und Skigebieten sind aber dennoch schwer einschätzbar. Im Rahmen des Projekts GIS-KliSchee (**Glossar**) wurden deshalb regionalisierte Klimadaten sowie naturräumliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen im Bereich des Wintersporttourismus analysiert (Roth u.a. 2009) und verschiedene Prognosevarianten modelliert.

Von dem Temperaturanstieg, der mit dem Klimawandel verbunden ist, und dem damit einhergehenden Verlust an Schneesicherheit sind beispielsweise im Schwarzwald (**Graphik 1**)



im Zeitraum 2021 bis 2030 vor allem die tieferen und mittleren Lagen betroffen. Die Rückgänge der Zahl der Schneetage liegen – im Vergleich mit dem Mittel der Jahre 1994 bis 2003 – je nach Szenario zwischen mehr als 18% und rund 23% in Höhenlagen zwischen 500 und 1.000 m über dem Meer. In den Gipfel-lagen über 1.200 m ü.d.M. fallen die Rückgänge mit Werten zwischen 0,2 bis rund 10% moderater aus. In den Jahren 2041 bis 2050 wird es dagegen in den Gipfellagen knapp 25 bis rund 44% weniger Schneetage geben, in den tieferen Lagen sogar bis zu gut 65% weniger (**Tabelle**).

Im Sauerland sind bis zur Dekade 2021–2030 in allen Höhenlagen ab 400 Meter ü.d.M. Rückgänge der Zahl der Schneetage zwischen 3 und 20% zu erwarten (**Graphik 2**). In der Dekade 2041–2050 wird es in allen Höhenlagen zwischen 38 und 45% weniger Schneetage geben als im Mittel der Jahre 1994 bis 2003 (**Tabelle**).

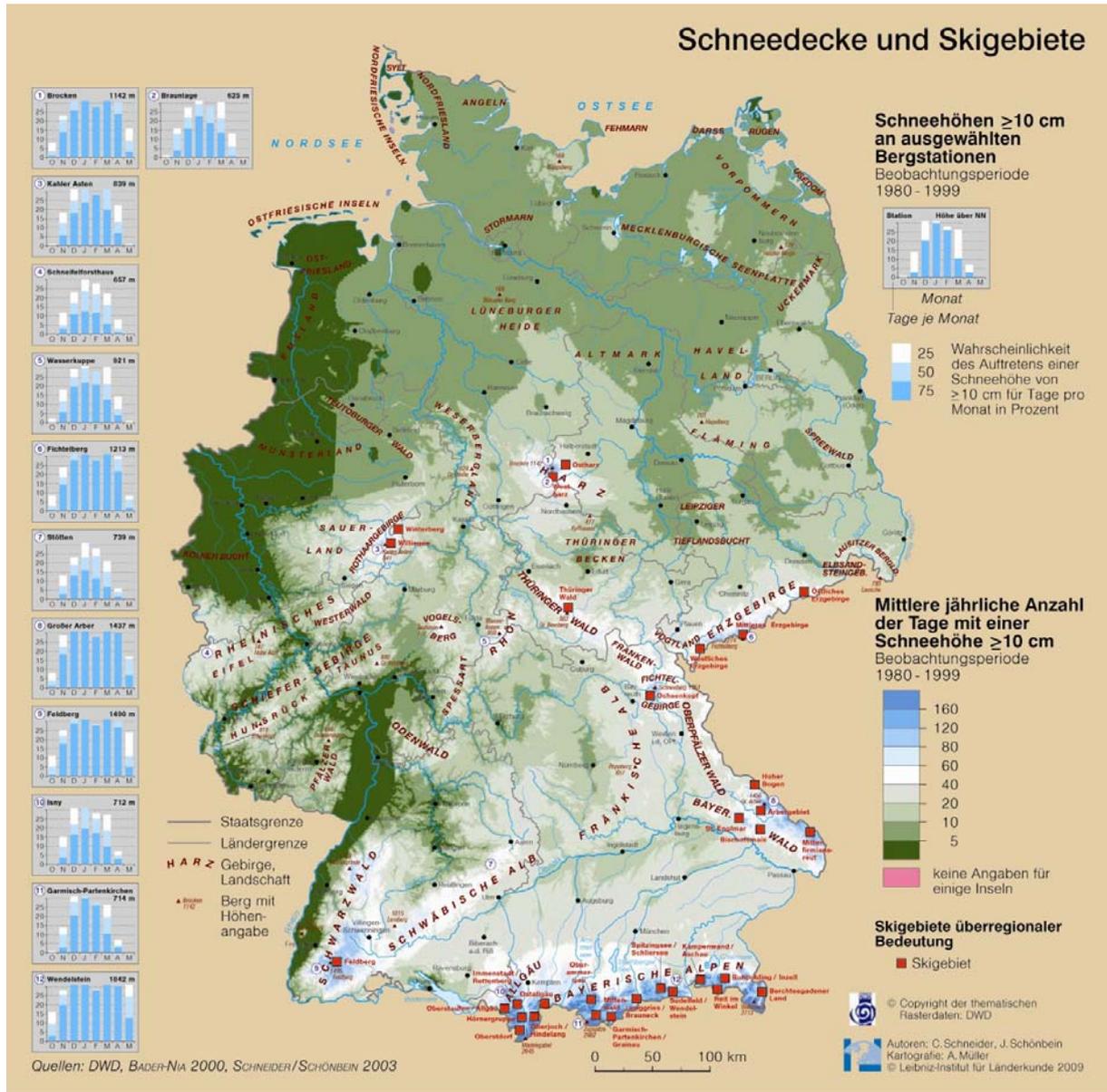
### **Fazit**

Als Fazit ist festzuhalten, dass noch bis in das dritte Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts in den Hochlagen der Mittelgebirge gute bis ausreichende Bedingungen für den Wintersport wahrscheinlich sind, so dass heute Investitionen in die Tourismusinfrastruktur der Skigebiete durchaus sinnvoll sind.

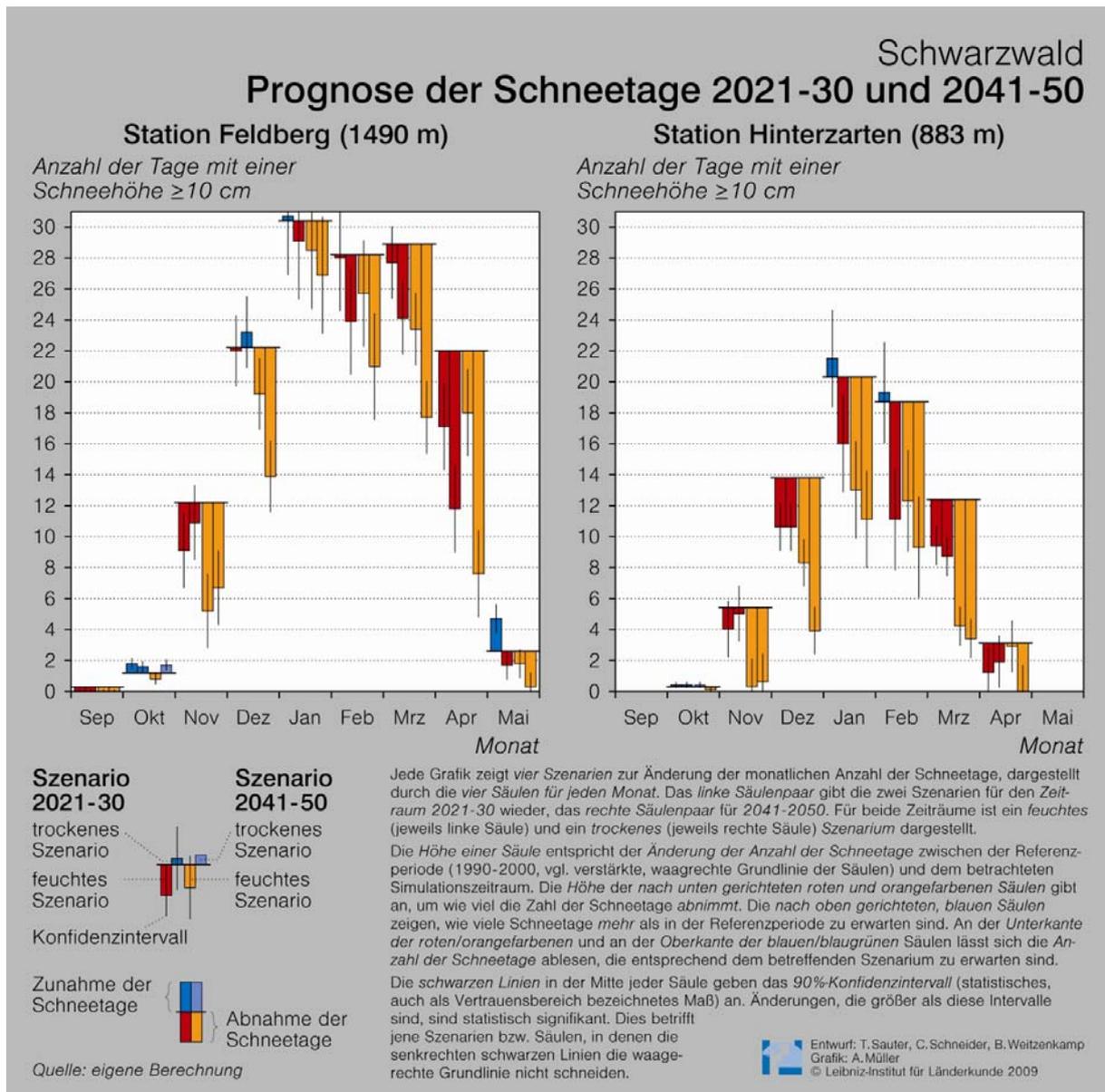
Dabei werden die Veränderungen in den mildereren südwestlichen Mittelgebirgen rascher vor sich gehen, da diese im Hochwinter bereits heute selbst in den höheren Lagen nahe am Gefrierpunkt sind. Die östlichen Mittelgebirge, die tendenziell trockener und kälter sind, würden besonders beim feuchten Szenario von einem Mehr an Niederschlag profitieren, so dass in diesem Falle für einen beschränkten Zeitraum sogar nochmals größere Schneemengen in den östlichen Mittelgebirgen anzutreffen sein könnten.

Zur Mitte des Jahrhunderts allerdings wird es – wie bereits schon früher in den niedrigeren Lagen - allmählich eng für kommerziellen Schneesport in den meisten Mittelgebirgsstandorten, sowohl im Westen wie auch im Osten Deutschlands.

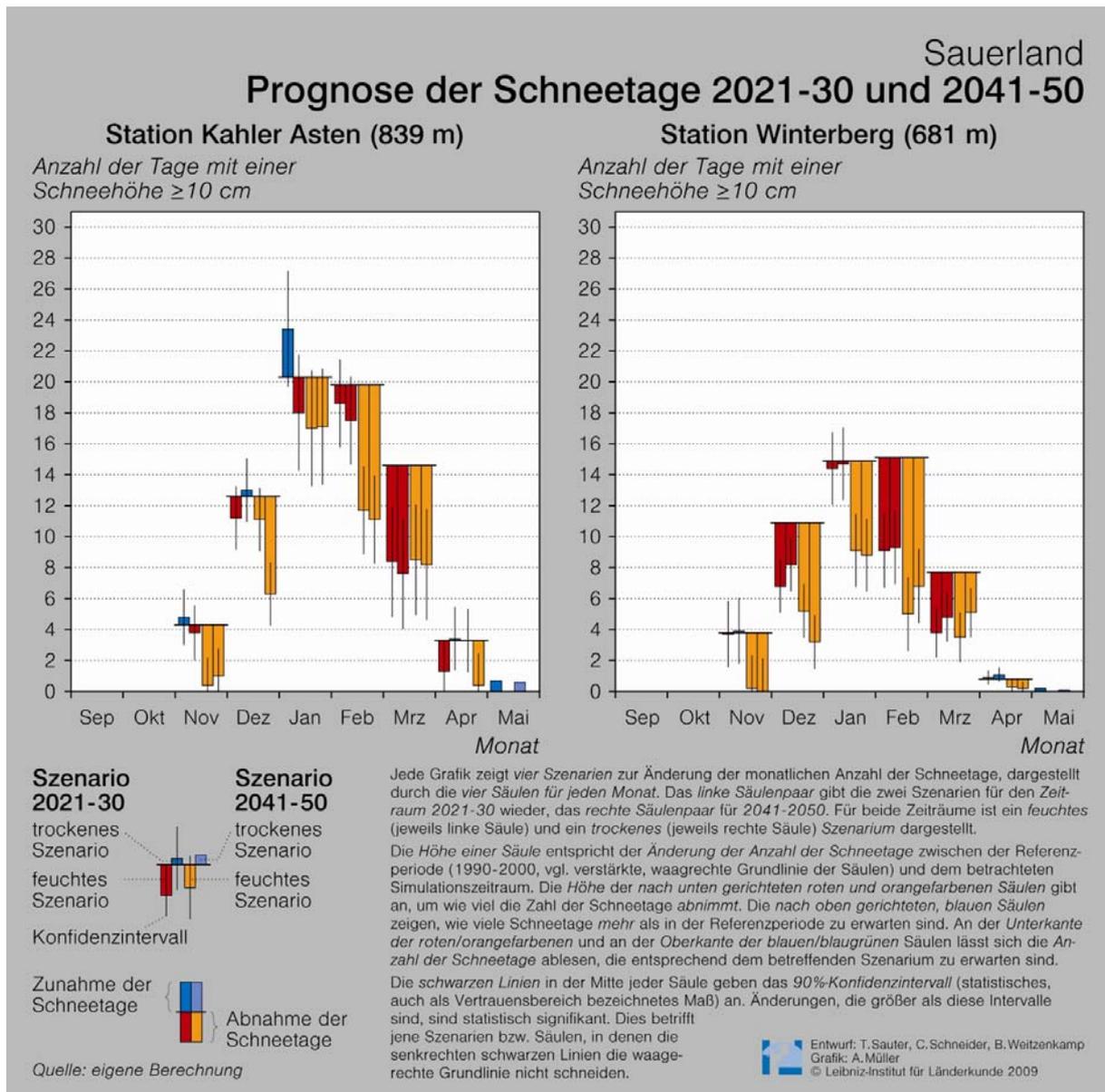
# Karte 1



# Graphik 1



## Graphik 2



## Tabelle

Schwarzwald und Sauerland  
**Prognose des Rückgangs der Anzahl der  
 Schneetage für 2021-30 und 2041-50**  
 nach der Höhenlage; Mindestschneehöhe: 10 cm

### Schwarzwald

Dekade	Szenario	Höhe über dem Meer					
		500 bis 1000 m		1000 bis 1200 m		über 1200 m	
		Prozent	Tage	Prozent	Tage	Prozent	Tage
2021–2030	feucht	-18	6	-9	6	-0	0
	trocken	-23	8	-18	11	-10	8
2041–2050	feucht	-57	19	-41	25	-24	20
	trocken	-66	21	-57	36	-44	37

### Sauerland

Dekade	Szenario	Höhe über dem Meer					
		400 bis 600 m		601 bis 700 m		über 700 m	
		Prozent	Tage	Prozent	Tage	Prozent	Tage
2021–2030	feucht	-20	4	-16	5	-15	5
	trocken	-5	1	-3	1	-3	1
2041–2050	feucht	-40	8	-40	12	-38	13
	trocken	-45	9	-43	13	-44	15

*Alle Werte beziehen sich auf das Mittel der Jahre 1994 bis 2003.*

Quelle: eigene Berechnung


 Entwurf: T. Sauter, C. Schneider, B. Weitzenkamp  
 Grafik: A. Müller  
 © Leibniz-Institut für Länderkunde 2009

## Glossar

### Das Projekt GIS-KliSchee

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Klimazwei“ geförderten Projekts **GIS-KliSchee** (Geographisches Informationssystem für **Klimavariabilität** und **Schneeverfügbarkeit** in deutschen Mittelgebirgen) wurden regionalisierte Klimadaten sowie naturräumliche und sozioökonomische Rahmenbedingungen im Bereich des Wintersporttourismus analysiert.

Im Teilprojekt des Geographischen Instituts der RWTH Aachen wurde dafür die raumzeitliche Differenzierung der Schneedecke im lokalen Maßstab auf der Basis von zwei Datensätzen erfasst: zum einen die Daten der Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in täglicher Auflösung, zum anderen die Schneebedeckungsmuster, abgeleitet aus Satellitenbildzeitreihen mehrerer Winter.

Mithilfe eines „Neuronalen Netzwerks“ wurden die Schneehöhen für jede Klimastation des DWD aus den klimatologischen Parametern modelliert und anschließend die Anzahl der Schneetage (Schneehöhe  $\geq 10$  Zentimeter) ausgezählt (Sauter u.a. 2009). Außerdem wurden die lokale Schneeverteilung und das lokale Beschneigungspotenzial bis zum Jahr 2050 mithilfe des statistischen Klimamodells STAR II vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) (Orlowsky u.a. 2007) projiziert, wobei zwischen einem „feuchten“ und einem „trockenen“ Szenario unterschieden wurde.

Aus diesem Datensatz modelliert das Neuronale Netzwerk mit den zuvor ermittelten funktionalen Zusammenhängen die Schneehöhe an den einzelnen Stationen für die Prognosezeiträume 2021 bis 2030 und 2041 bis 2050, was mit Hilfe der Schneemaske regionalisiert werden kann, welche aus Satellitenbildzeitreihen gewonnen wurde (Sauter u.a. 2009).

Die Schneemaske enthält an jedem Bildpunkt die relative Häufigkeit der Schneebedeckung aller täglichen Satellitenbilder aus 7 Wintern, die keine Wolkenbedeckung am jeweiligen Bildpunkt aufwiesen.

## Quellen

BADER-NIA, Tanja (2000): Wintersport. In: Institut für Länderkunde (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland Bd. 10 Freizeit und Tourismus. Mithrsg. von Becker, C. u. H. Job. Heidelberg, Berlin, S. 96-97.

ORLOWSKY, Boris; GERSTENGARBE, Friedrich-Wilhelm u. Peter C. WERNER (2007): Past as type case – a resampling scheme for regional climate simulations. *Theoretical and Applied Climatology*, 92, 209–223.

ROTH, Ralf; KRÄMER, Alexander; SCHNEIDER, Christoph; WEITZENKAMP Björn; SAUTER, Tobias; SIMMER, Clemens u. Henning WILKER (2009): GIS-KliSchee – Anpassung des Wintersporttourismus in den deutschen Mittelgebirgen an Klimawandel und Witterungsvariabilität. Kapitel 32 in: Mahammadzadeh, M., H. Biebeler und H. Bardt (Hrsg.): Klimaschutz und Anpassung an die Klimafolgen - Strategien, Maßnahmen und Anwendungsbeispiele. Köln.

Siehe dazu auch:

URL:

<http://www.klimazwei.de/ProjektezumSchutzvorKlimawirkungen/Projekt%C3%BCbersicht/GISKliSchee/tabid/115/Default.aspx>

Abrufdatum 10.11.2009

SAUTER, Tobias; WEITZENKAMP, Björn u. Christoph SCHNEIDER (2009): Spatio-temporal prediction of snow cover in the Black Forest mountain range using remote sensing and a recurrent neural network. *International Journal of Climatology* (in Druck).

SCHNEIDER, Christoph u. Johannes SCHÖNBEIN (2003): Die Schneedecke - Segen für Natur und Wintersport. In: Institut für Länderkunde (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland Bd. 3 Klima, Pflanzen- und Tierwelt. Mithrsg. von Kappas, M. Menz, G., Richter, M. u. U. Treter. Heidelberg, Berlin, S. 48-49.

### Danksagung

Das Leibniz-Institut für Länderkunde (IfL) dankt dem Deutschen Wetterdienst (DWD) in Offenbach a.M. für die Daten und Kartengrundlage zur Schneedecke.  
Deutscher Wetterdienst (DWD) [www.dwd.de](http://www.dwd.de)

### Bildnachweis

Loipenpflege in Zwiesel (Arbergebiet) im Bayerischen Wald  
© V. Bode

### Zitierweise:

Schneider, Christoph; Sauter, Tobias u. Björn Weitzenkamp (2009): Klimawandel und Wintersport in Mittelgebirgen. In: Nationalatlas aktuell 3 (11.2009) 11 [26.11.2009]. Leipzig: Leibniz-Institut für Länderkunde (IfL).

URL:

[http://aktuell.nationalatlas.de/Klimawandel\\_und\\_Wintersport.11\\_11-2009.0.html](http://aktuell.nationalatlas.de/Klimawandel_und_Wintersport.11_11-2009.0.html)



## Autoren



### **Prof. Dr. Christoph Schneider**

Geographisches Institut der  
RWTH Aachen  
Wüllnerstraße 5b  
52056 Aachen

Tel. (0241) 80 96048

E-Mail: [Christoph.Schneider@geo.rwth-aachen.de](mailto:Christoph.Schneider@geo.rwth-aachen.de)

<http://www.klimageo.rwth-aachen.de>



### **Tobias Sauter M.Sc.**

Geographisches Institut der  
RWTH Aachen  
Wüllnerstraße 5b  
52056 Aachen

Tel. (0241) 80 96475

E-Mail: [tobias.sauter@geo.rwth-aachen.de](mailto:tobias.sauter@geo.rwth-aachen.de)

<http://www.klimageo.rwth-aachen.de>



### **Björn Weizenkamp M.A.**

Geographisches Institut der  
RWTH Aachen  
Wüllnerstraße 5b  
52056 Aachen

Tel. (0241) 80 96475

E-Mail: [Bjoern.Weizenkamp@geo.rwth-aachen.de](mailto:Bjoern.Weizenkamp@geo.rwth-aachen.de)

<http://www.klimageo.rwth-aachen.de>