

„Wer streut, rutscht nicht“

Wie soll die Forstwirtschaft auf neue Risiken im Klimawandel reagieren?

Von Christian Kölling, Bernhard Beinhofer, Andreas Hahn und Thomas Knoke

Nach und nach wächst die Erkenntnis, dass die Forstwirtschaft eine vom Klimawandel besonders betroffene Branche ist. Das liegt nicht nur an der Umweltabhängigkeit der forstlichen Produktion, sondern auch an der Langlebigkeit der Bäume und an der Ortsgebundenheit der Produktionsstätten. Doch wie kann das unbestimmte Gefühl einer besonderen Verwundbarkeit der Wälder gegenüber den Veränderungen des Klimas in konkrete Anpassungsmaßnahmen münden? Wo muss gehandelt werden und wo kann man auf eine Anpassung verzichten? Um diese Fragen zu beantworten, braucht man flächenscharfe Informationen über das mit dem Anbau der Baumarten verbundene Risiko und seine Veränderung in einer vom Klimawandel geprägten Zukunft. Mit den gerade erschienenen Klima-Risikokarten hat die Bayerische Forstverwaltung Planungsgrundlagen für die Beratung der Waldbesitzer geschaffen, aus denen die Anbaurisiken von acht häufigen Waldbaumarten hervorgehen: verbesserte Planungsgrundlagen, die die forstliche Entscheidungsfindung vor neue Herausforderungen stellen.

Risiko und Ungewissheit

Möglicherweise eintretende Ereignisse mit nachteiligen Folgen, wie z.B. Schäden im Wald durch Sturm, Dürre, Schnee oder Insekten, werden allgemein als Risiko beschrieben. In der deutschsprachigen Literatur unterscheidet man zwischen Risiko als einer Situation, in der sich Eintrittswahrscheinlichkeiten für Schäden abschätzen lassen, und Ungewissheit als einer Situation, in der lediglich klar ist, dass ein Schaden eintreten kann [3]. Als Maß für das Risiko wird häufig die Standardabweichung verwendet, also die durchschnittliche Schwankungsbreite der möglichen Ergebnisse (Volatilität) um den Mittelwert. Aber selbst unter konstanten Rahmenbedingungen ist das Risiko in der Forstwirtschaft oft schwer zu bestimmen. Unter wechselnden Bedingungen, wie wir sie im Klimawandel erwarten, wird die Situation noch schwieriger. Wir haben es daher angesichts der Langfristigkeit der forstlichen Produktion immer mit einem gehörigen Maß an Ungewissheit zu tun. Englischsprachige Autoren sprechen daher generell von Unsicherheit [11] und geben die Trennung zwischen Risiko und Ungewissheit auf. Wir wissen folglich nicht, ob eine heute angebaute Baumart über ihre Produktionszeit hinweg unbeschädigt bleibt und bestenfalls ungefähr, mit welchem Risiko der Anbau dieser Baumart verbunden ist. Diese Situation hat gravierende Folgen für die forstliche Nachhaltigkeitsplanung.

Zukunft, Unsicherheit und Nachhaltigkeit

In der breiten forstlichen Öffentlichkeit ist die Beschäftigung mit Aspekten der Unsicherheit relativ neu. Angesichts der Langfristigkeit forstlicher Entscheidungen,

der Vielzahl ausgleichender, zum heutigen Zeitpunkt vielleicht auch noch unbekannter Ansprüche an den Wald, der großen sozialen Dynamik (Globalisierung) und der Umweltprobleme (Klimawandel, Eutrophierung der Waldböden, Ozon etc.) hat der Umgang mit Unsicherheit inzwischen eine zentrale Rolle erlangt. Wie soll man sich als Waldbesitzer verhalten, wenn die Unsicherheiten so groß sind? Und wie kann die Nachhaltigkeit eines Forstbetriebes bei all den Planungsunsicherheiten dennoch gewährleistet werden? Wie muss ein Wald aufgebaut sein, um bei möglichst geringer Verwundbarkeit die Funktionsvielfalt zu sichern? Und welche Anpassungen, Anpassungsfähigkeiten und Anpassungsmaßnahmen sind notwendig, um in diesen dynamisch ablaufenden Prozessen zu bestehen?

Kern dieser Fragen ist der Interessensausgleich innerhalb der heute lebenden Generationen und über die Generationen hinweg. Diese Themen sind nicht neu: Gerechtigkeit innerhalb von und zwischen den Generationen sind die Hauptmotivation der nachhaltigen Entwicklung und auch der forstlichen Nachhaltigkeit [7, 8]. Der Umgang mit Unsicherheiten und die Integration von Risikoaspekten könnten indes zu Prüfsteinen für die Umsetzung der Gerechtigkeitsanforderungen werden. Wie kann aber der Umgang mit klim-

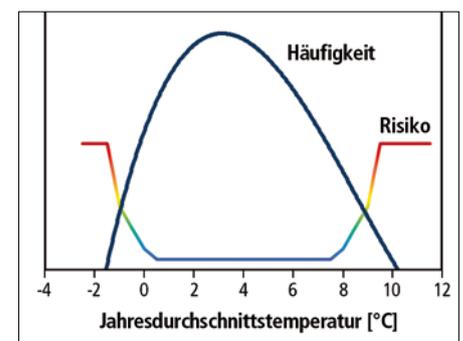


Abb. 1: Ableitung des Anbaurisikos aus der Häufigkeit der Vorkommen in Europa in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittstemperatur

Dr. C. Kölling ist Leiter des Sachgebietes Standort und Bodenschutz der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). Dr. B. Beinhofer ist Mitarbeiter des Sachgebietes Schutzwald und Naturgefahren der LWF. FR A. Hahn ist Mitarbeiter am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München, Prof. Dr. T. Knoke ist Leiter dieses Fachgebietes.



Christian Kölling

Christian.Koelling@lwf.bayern.de

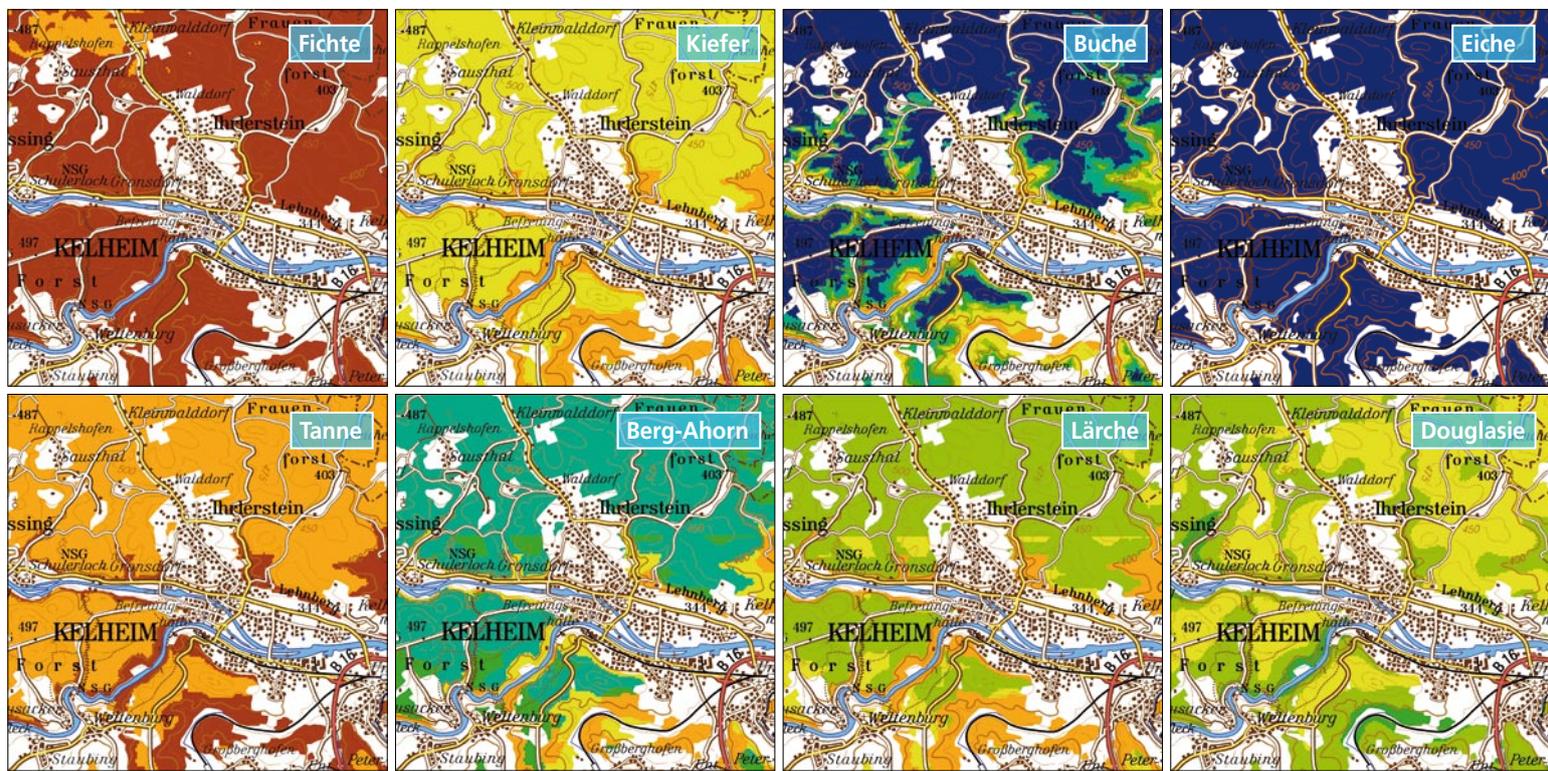


Abb. 2: Klima-Risikokarten (2100) für acht Baumarten (jeweils gleicher Ausschnitt). Legende s. Tabelle 1. Geoinformation © BA für Kartographie und Geodäsie (www.bkg.bund.de)

abedingten Unsicherheiten der Forstwirtschaft Eingang in die Praxis finden?

Risikoinformation durch Klima-Risikokarten

Bereits seit Ende 2007 verfügt die Bayerische Forstverwaltung über Klima-Risikokarten für Fichte und Buche [13, 14]. Sie werden in der Beratungspraxis und in der Forsteinrichtung verwendet. Auch in anderen Bundesländern und Staaten stellt man die Risiken des Klimawandels in Kartenform dar [2, 6, 9, 19, 21, 22, 24, 25], allerdings ist der Grad der Praxisreife der Produkte sehr unterschiedlich. Kürzlich wurde das digitale Kartenwerk der Klima-Risikokarten für Bayern abschließend um die Baumarten Wald-Kiefer, Eiche, Weiß-Tanne, Berg-Ahorn, Europäische Lärche und Douglasie ergänzt und an die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten ausgeliefert. Alle acht in den Klima-Risikokarten behandelten Baumarten nehmen gegenwärtig zusammen knapp 90 % der Holzbodenfläche Bayerns ein. Über 60 % entfallen allein auf die beiden wichtigsten

Baumarten Fichte und Kiefer. Die Karten geben eine Rangfolge des klimatisch bedingten Anbaurisiko für die Jahre 2000, 2050 und 2100 wieder. Unterschiedliche Bodenverhältnisse werden nur bei den besonders trockenheitsempfindlichen Baumarten Fichte, Buche und Douglasie berücksichtigt. Die Karten stellen das unterschiedliche Anbaurisiko bei gegenwärtigen und geänderten Klimabedingungen dar. Sie gehen davon aus, dass bei geringer Anbaudichte und wenigen natürlichen Vorkommen einer Baumart das Ausfallrisiko besonders hoch ist ([13, 14], Abb. 1). So schließt man z.B. aus dem kompletten Fehlen von aktuellen und potenziellen Fichtenvorkommen im Mittelmeerraum auf ein äußerst hohes Anbaurisiko in Regionen mit ähnlichen Klimatypen.

Unsere Risikobetrachtung ist beschränkt auf „neue“ Risiken, die sich aus der Wirkung von veränderten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen auf Bäume ergeben. Waldschutzaspekte sind eingeschlossen, sofern sie eine Klimaabhängigkeit zeigen, ebenso das Schadensrisiko durch Schneedruck- bzw. -bruch bei der

Kiefer. Weitere „alte“ Anbaurisiken wie Sturmwurf, Luftmangel bei Staunässe oder Nährstoffmängel bleiben unberücksichtigt, zumal sie sich durch den Klimawandel nicht wesentlich erhöhen werden oder, wie beim Sturmwurfisiko, die Veränderung noch nicht zuverlässig prognostiziert werden kann [1]. In späteren Versionen der Risikokarten, wie sie zurzeit erarbeitet werden, werden jedoch auch diese Risiken teilweise enthalten sein.

Markt der Möglichkeiten

Nebeneinander gelegt zeigen die acht baumartenspezifischen Klima-Risikokarten das nach Baumart und Ort unterschiedliche Anbaurisiko jetzt und in der Zukunft (Abb. 2). Die Risikoeinschätzung beruht auf der regionalisierten Anwendung von klimatischen Risikoklassen auf das gegenwärtige und zukünftig erwartete Klima (in unserem Fall das Szenario WETTREG B1) in Bayern. Die Risikoklassen wurden in einer europaweiten Auswertung aus den realen Vorkommen (Anbauten nach dem europäischen Datensatz der Level-I-Kronenzustandserfassung) und aus potenziell natürlichen Vorkommen [5] abgeleitet. Dabei wird der innerhalb der Klimaklassen beobachteten Häufigkeit von Vorkommen ein Risikowert zugeordnet: Je geringer an den Rändern des klimatischen Spektrums die Häufigkeit der Vorkommen wird, umso mehr steigt das Anbaurisiko (Abb. 1). Die Anwendung der Risikowerte auf das Klima einer konkreten Waldregion ergibt dann das Risiko sowohl der vorhandenen Bestockung als auch der im Rahmen der Waldverjüngung oder des Voranbaus zu

Tab. 1: Gegenwärtiges Vorkommen der acht Baumarten in den jeweiligen Risikoklassen der Klima-Risikokarten (2000). Für leere Zellen ist keine Risikoklasse definiert.

Risiko	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Tanne	Berg-Ahorn	Lärche	Douglasie
sehr geringes Risiko	44 %	53 %	98 %	99 %	97 %	93 %	83 %	31 %
geringes Risiko	20 %					1 %		27 %
erkennbares Risiko	17 %	7 %	1 %	1 %	1 %	5 %	4 %	28 %
mittelhohes Risiko	11 %	33 %			1 %		9 %	7 %
deutlich erhöhtes Risiko	6 %	7 %			0 %		3 %	0 %
hohes Risiko	2 %				0 %			6 %
sehr hohes Risiko		0 %	0 %	0 %	1 %	1 %		2 %

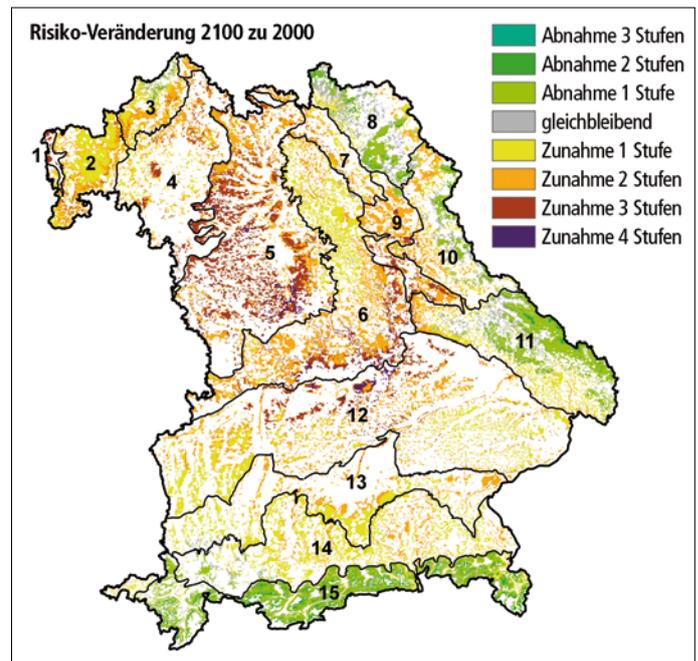
Tab. 2: Durchschnittliches Risiko nach Baumarten und Wuchsgebieten für die Perioden 1971-2000 und 2071-2100, berechnet für 6 112 Inventurpunkte des 4*4 km-Netzes der BWI²

		Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Tanne	Berg-Ahorn	Lärche	Douglasie	
		Bezugsjahr 2000								
Wuchsgebiet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	2	10	11	12	13	14	15	16	17	
	3	18	19	20	21	22	23	24	25	
	4	26	27	28	29	30	31	32	33	
	5	34	35	36	37	38	39	40	41	
	6	42	43	44	45	46	47	48	49	
	7	50	51	52	53	54	55	56	57	
	8	58	59	60	61	62	63	64	65	
	9	66	67	68	69	70	71	72	73	
	10	74	75	76	77	78	79	80	81	
	11	82	83	84	85	86	87	88	89	
	12	90	91	92	93	94	95	96	97	
	13	98	99	100	101	102	103	104	105	
	14	106	107	108	109	110	111	112	113	
	15	114	115	116	117	118	119	120	121	
Bayern		122	123	124	125	126	127	128	129	
		Bezugsjahr 2100								
Wuchsgebiet	1	130	131	132	133	134	135	136	137	
	2	138	139	140	141	142	143	144	145	
	3	146	147	148	149	150	151	152	153	
	4	154	155	156	157	158	159	160	161	
	5	162	163	164	165	166	167	168	169	
	6	170	171	172	173	174	175	176	177	
	7	178	179	180	181	182	183	184	185	
	8	186	187	188	189	190	191	192	193	
	9	194	195	196	197	198	199	200	201	
	10	202	203	204	205	206	207	208	209	
	11	210	211	212	213	214	215	216	217	
	12	218	219	220	221	222	223	224	225	
	13	226	227	228	229	230	231	232	233	
	14	234	235	236	237	238	239	240	241	
	15	242	243	244	245	246	247	248	249	
Bayern		250	251	252	253	254	255	256	257	
Risikoklassen:		258	259	260	261	262	263	264	265	
		266	267	268	269	270	271	272	273	
		274	275	276	277	278	279	280	281	
		282	283	284	285	286	287	288	289	
		290	291	292	293	294	295	296	297	
		298	299	300	301	302	303	304	305	

verwirklichenden Bestockungsalternativen.

Je nach Ausgangssituation und Klimaentwicklung ergeben sich zu den verschiedenen Zeitpunkten baumartenweise

Abb. 3:
Über alle acht Baumarten gemittelte Risikoveränderung des Baumartenpotenzials zwischen den Perioden 1971-2000 und 2071-2100. Die Ziffern bezeichnen die 15 Wuchsgebiete Bayerns.



unterschiedliche Anbaurisiken. In vielen Waldregionen Bayerns besteht in der Gegenwart (Jahr 2000) für die genannten Baumarten ein geringes oder sehr geringes Risiko, die überwiegende Zahl der aktuellen Vorkommen nach der Bundeswaldinventur befindet sich daher gegenwärtig auch in den drei Klassen mit den geringsten Risiken (Tab. 1). Nur in den höchsten Gebirgsregionen und in den Wärme- und Trockengebieten ist der „Markt der Möglichkeiten“ beschränkt, weil einzelne Baumarten mit den Klimabedingungen dieser Regionen nicht zurecht kommen. Hundert Jahre später ergibt sich durch den Klimawandel ein verändertes Bild. In der Mehrzahl der Regionen Bayerns hat sich das gemittelte Risiko für die acht betrachteten Baumarten erhöht (Abb. 3). Damit sind dann die ursprünglich großen Möglichkeiten bei der Baumartenwahl zukünftig eingeschränkt. Nur in den höheren Lagen der Mittelgebirge und in den Alpen verbessern sich durch zusätzlichen Wärmegenuss die Anbaubedingungen. Aus der Abnahme der Wahlmöglichkeiten in tieferen Lagen und ihre Zunahme in einigen Gebirgen ergeben sich in der gesamthaften Betrachtung (Abb. 4) künftige regionale Risikoschwerpunkte.

Schlüsselt man die Ergebnisse nach Baumarten auf, erhält man Informationen über das mittlere Risiko der einzelnen Baumart in den Wuchsgebieten Bayerns (Tab. 2). Bei der Eiche verringert sich zumeist das Risiko, bei der Buche bleibt es konstant, bei den übrigen Baumarten nimmt es zu und bei der Douglasie ist die Situation uneinheitlich. Auffällig ist das besonders hohe zukünftige Risiko für den Fichtenanbau. Dieser Befund steht sowohl

mit den Beobachtungen aktueller Schadverläufe als auch mit den vorhergesagten Zukunftsperspektiven dieser Baumart in Einklang [10, 15, 16, 20, 21].

Liest man Tab. 2 zeilenweise, so offenbart sich die regional unterschiedliche Ausprägung der Wahlmöglichkeiten. Besonders gering ist die Anzahl auch künftig risikoarmer Baumarten in den Wuchsgebieten 1, 4 und 5 (s. auch Abb. 4). In diesen Regionen wird man in vielen Fällen um eine Erweiterung des auf acht Baumarten beschränkten Baumartenkatalogs nicht herumkommen. Weitere Baumarten mit mitteleuropäisch-submediterrane Charakter wie Edelkastanie, Hainbuche, Elsbeere, Feld-Ahorn und Walnuss, können hier die Wahlmöglichkeiten erweitern. Diese Baumarten sind in diesen Wuchsgebieten bereits heute vorhanden. Auch echte Gastbaumarten wie Schwarz-Kiefer oder Flaum-Eiche kann man in diesen Regionen in Betracht ziehen, wobei man immer das allgemeine Grundrisiko bei Baumarten aus fernen Regionen bedenken sollte und die Schwierigkeiten, Herkunftsgebiete mit vergleichbaren Klimabedingungen zu finden [23].

Ohne Risiko kein Spaß?

Da der einzelne Waldbesitzer kaum Einfluss auf die Intensität der Klimaveränderungen und damit eine Minderung (mitigation) der Effekte hat, verbleiben ihm lediglich Anpassungsstrategien (adaptation) als Reaktion auf die nahenden Herausforderungen. Wie können die Klima-Risikokarten dabei helfen? Die in den acht baumartenspezifischen Karten geschätzten Risiken ermöglichen je nach

Ausgangssituation und Risikobereitschaft unterschiedliche Reaktionen:

- 1) Risikoignoranz bzw. -unkenntnis: Man hat keine Kenntnis des Risikos und beachtet es damit auch nicht.
- 2) Risikomaximale Strategie: Man erkennt das Risiko, akzeptiert es aber in vollem Umfang, z.B. weil es durch eine hohe Ertragserswartung aufgewogen wird.
- 3) Risikooptimale Strategie: Man wählt die Baumarten so, dass man eine Mischung aus risikoarmen, meist ertragsschwächeren mit ertragsstarken, oftmals risikoreicheren Baumarten bekommt. Damit erzielt man höhere Erträge, hat aber unter Umständen ein höheres Risiko als bei Variante (4). Es können sogar Mischungen aus ertragreichen, aber risikoreichen und ertragsschwachen, wiewohl risikoarmen Baumarten existieren, deren Gesamtrisiko kleiner als das der risikoärmsten verwendeten Baumart ist [17]. Angestrebt wird die Baumartenmischung mit dem besten Verhältnis von Risiko und Ertrag.
- 4) Risikominimale Strategie: Man tauscht risikoreiche Baumarten vollständig gegen eine oder mehrere risikoarme, im besten Fall gegen solche mit den besten Prognosen aus. Das alleinige Ziel ist dabei die Risikominimierung. Die Auswirkungen dieses Vorgehens auf den Ertrag bleiben unberücksichtigt, Vorsichtsaspekte überwiegen.

Im klimagerechten Waldumbau favorisiert die Forstpraxis derzeit die letzten beiden Varianten. Die Erfahrung zeigt, dass die risikominimale Strategie (Variante 4) oft bereits an einer ungünstigen Ausgangssituation, aber auch an den enormen Kosten bzw. Mindererlösen scheitert. Es ist in vielen Fällen nur mit unverträglichem großem Aufwand möglich, eine anfällige Baumart komplett durch eine andere zu ersetzen. Die risikooptimale Strategie (3) ist hingegen wesentlich leichter zu realisieren, weil unter Umständen schon mit Beimischungen von klimastabilen Baumarten überzeugende Verbesserungen erreicht werden können [18]. Durch die Begrenzung des Anteils der hochanfälligen Baumarten reduziert man das Risiko und vermeidet Totalschäden, wie sie bei Realisierung der Varianten Risikoignoranz oder risikomaximale Strategie in höherer Wahrscheinlichkeit drohen. Abb. 5 vermittelt einen ersten Eindruck möglicher Konsequenzen dieser letztgenannten Strategien. Das abgebildete Beispiel aus Mittelfranken verdeutlicht die Verwundbarkeit gerade der Fichte in trockenwarmen Gebieten. Auch auf Standorten mit ausgewiesenen hohen Anbaurisiken können jedoch Einzelbäume oder Gruppen anfälliger Baumarten überleben. Sie profitieren hier besonders von ihrer artfremden Nachbarschaft [18]. Außerdem können zum Massenwechsel neigende Schadorganismen mangels Nahrung bei geringer Dichte der Wirtspopulation keine ausreichend

Tab. 3: Umbaunotwendige Flächen nach Baumarten und Wuchsgebieten für die Perioden 1971-2000 (oben) und 2071-2100 (unten). Nur positive Überschreitungen durch die gegenwärtige Bestockung von mehr als 20 % Anteil wurden berücksichtigt.

Jahr	Wuchsgebiet	Fläche [ha]	Überschreitung [ha]							
			Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Tanne	Berg-Ahorn	Lärche	Douglasie
2000	1	5 626	0	666	0	0	0	121	0	0
	2	130 996	7 932	3 724	1 291	527	0	0	365	0
	3	56 256	2 800	475	498	365	0	0	0	281
	4	93 626	3 721	1 951	490	1 050	0	135	100	195
	5	319 856	16 083	20 623	629	856	161	40	160	198
	6	321 865	17 533	9 919	1 920	80	0	0	43	187
	7	53 041	1 954	2 808	0	80	0	0	0	0
	8	128 183	11 522	788	187	0	0	40	0	0
	9	79 964	3 243	4 368	80	0	0	0	0	0
	10	124 567	5 854	2 821	0	114	0	0	56	281
	11	237 883	9 912	1 335	1 162	134	90	40	0	365
	12	327 892	40 122	4 287	540	201	80	241	79	241
	13	139 033	7 916	1 364	337	121	0	80	131	0
	14	183 234	6 433	3 020	195	80	0	188	80	0
	15	253 956	7 944	1 238	1 114	0	73	303	0	0
Bayern	2 455 976	142 970	59 388	8 443	3 607	404	1 189	1 014	1 749	
2100	1	5 626	0	1 068	85	0	0	281	0	0
	2	130 996	14 340	5 716	3 164	527	0	0	1 305	0
	3	56 256	5 612	1 509	954	281	0	0	143	121
	4	93 626	5 367	4 621	2 292	1 130	0	953	194	266
	5	319 856	32 620	64 628	1 128	856	362	320	700	526
	6	321 865	52 705	20 405	4 353	80	126	71	698	94
	7	53 041	5 379	5 191	0	80	0	0	0	0
	8	128 183	37 060	1 215	187	0	0	40	49	0
	9	79 964	8 795	18 469	80	0	0	0	16	0
	10	124 567	23 691	8 593	0	40	0	0	418	241
	11	237 883	30 027	2 608	889	80	407	40	0	121
	12	327 892	101 536	10 417	651	201	813	1 009	731	321
	13	139 033	38 252	1 926	337	121	71	298	514	0
	14	183 234	34 472	3 502	275	80	175	269	321	0
	15	253 956	12 853	997	553	0	149	210	0	0
Bayern	2 455 976	402 712	150 865	14 949	3 477	2 103	3 491	5 090	1 689	

großen Ausgangspopulationen aufbauen. Mischung und Seltenheit schützen in diesen Fällen vor dem Ausfall, eine Tatsache, die man sich auch bei der risikooptimalen Strategie zunutze machen kann.

Betrachtet man die bayernweiten Auswirkungen der geschilderten Reaktionsmuster, so kann man dies an den 6 112 Inventurpunkten (unverdichtetes 4 * 4 km-Netz) der Bundeswaldinventur nachvollziehen.

Abb. 4: Mögliche mittlere Anzahl von risikoarmen Baumarten in den Wuchsgebieten Bayerns (Lage s. Abb. 3) in den Jahren 2000 und 2100, berechnet aus dem mittleren Risiko der acht ausgewählten Baumarten.

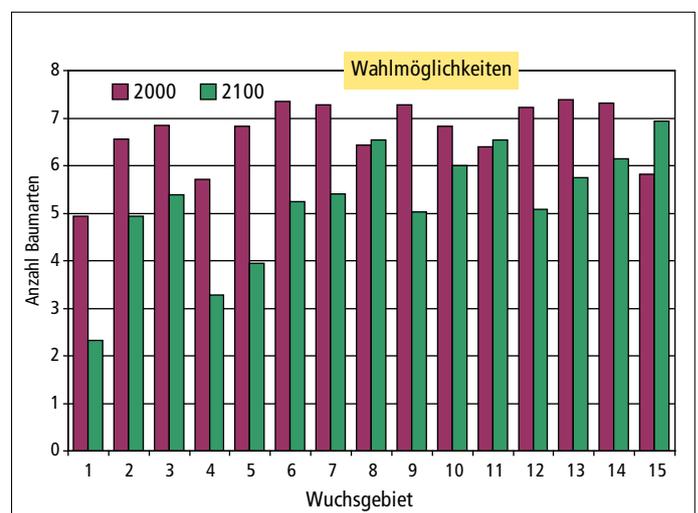




Abb. 5:
Mit einer risikobewussten Anpassung an den Klimawandel können solche Schadereignisse wie hier im westlichen Mittelfranken künftig minimiert werden.

Foto: T. Bosch

Hierzu werden den in den Risikokarten ausgewiesenen sieben Risikoklassen (Legende in Tab. 1) maximale Baumartenanteile (Standraumanteile) zugeordnet. Es handelt sich somit um die Umkehrung des in Abb. 1 dargestellten Verfahrens, es werden hier aus steigenden Risiken sinkende Baumartenanteile abgeleitet. Der Risikoklasse mit dem höchsten Risiko entspricht ein angepasster sehr niedriger Baumartenanteil von 10 %, die Klasse mit dem geringsten Risiko bekommt den hohen Anteilswert von 70 %, die übrigen Klassen liegen dazwischen. Die derart als Reaktion auf das Anbaurisiko errechneten maximalen Anteilswerte kann man nun mit den an den Inventurpunkten in der aktuellen Bestockung tatsächlich realisierten Anteilen der Baumart vergleichen. Dabei wertet man ausschließlich die positiven Abweichungen (der tatsächliche Anteil ist höher als der aus der Risikokarte abgeleitete) und man macht das Zugeständnis, dass nur gravierende Abweichungen von mehr als 20 Prozentpunkten Beachtung finden. Das Ergebnis dieser Berechnungen, die einem Vorgehen nach der risikominimalen Strategie (Variante 4) entsprechen, ist in Tab. 3 dargestellt. Im Jahr 2000 gibt es summiert 140 000 ha Fichtenfläche, bei der der maximale klimaangepasste Anteilswert um mehr als 20 % überschritten wird. Durch den Klimawandel steigt diese Fläche auf das 2,8-fache an. Eine ähnliche Relation (Faktor 2,5) finden wir bei der Kiefer. Bei den anderen Baumarten zeigen sich Überschreitungen auf niedrigerem Niveau, aber mit höheren Steigerungsraten (Tanne, Lärche und Berg-Ahorn). Bei der Douglasie bleibt die Fläche der Anteilsüberschreitung auf niedrigerem Niveau konstant. Die absoluten Flächengrößen zeigen das unterschiedliche Ausmaß der Anpassungsnotwendigkeit. Sie stehen bei der Fichte in recht guter Übereinstimmung zur Größenordnung früher veröffentlichter Schätzzahlen [4, 12]. Die enormen Flächensummen machen deutlich, dass die konsequente Anwendung der risikominimalen Strategie die Forstwirtschaft überfordern würde. Umso wichtiger werden

Risikooptimale Strategien, bei denen auch weniger angepasste Baumarten an der Bestockung beteiligt werden, wenn der erwartete Ertrag dies rechtfertigt.

Handeln unter Unsicherheit

„Prognosen sind schwierig – besonders wenn sie die Zukunft betreffen“: so lautet ein KARL VALENTIN zugeschriebenes Bonmot. Betrachten wir die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald, so sehen wir uns einer Kaskade von Unsicherheiten gegenüber. Es beginnt bei dem Unwissen über die künftige ökonomische Entwicklung der Menschheit und ihren Umgang mit fossilen Energieträgern. Man versucht die dadurch verursachte Bandbreite der Emission von klimaschädlichen Spurengasen in Emissionsszenarien einzufangen. Auf der Basis der Emission von Spurengasen errechnen sich die atmosphärischen Konzentrationen der Spurengase, welche die verschiedenen globalen Klimamodelle antreiben. Die Ergebnisse der globalen Klimamodelle fließen in die unterschiedlichen regionalen Klimamodelle ein. Jeder dieser Schritte ist von Modellvielfalt, Vielfalt der Ausgangs- und Randbedingungen und der Modellparametrisierungen geprägt.

Die Klima-Risikokarten für Bayern sind trotz aller Mängel und Unsicherheiten eine wichtige Grundlage für die zukunftsgerichtete Beratung, weil sie die neuen Risiken benennen und damit Möglichkeiten von Risikostrategien eröffnen. Mit vermehrten Szenarien und verbesserten Modellen lassen sich die Ungewissheiten teilweise einfangen, es stellt sich aber in jedem Fall die Anschlussfrage nach dem Umgang mit der gewonnenen Information über das Risiko. Schließlich sind Szenarien weder Prognosen über zukünftige Entwicklung noch übernehmen sie Entscheidungen. Mit der Risikobewertung, der Abwägung der verschiedenen Interessen, der Berücksichtigung der Maßnahmenkosten und Mindererlöse [9] eröffnet sich daher ein weites Forschungsfeld. Das Ziel der Forstwirtschaft sollte es sein, zu einem rationalen Umgang mit Risiko und Unsicherheit zu kommen.

Nur dann wird es gelingen, die Anpassung an den Klimawandel fern von Panik und Trägheit besonnen und vorausschauend zu betreiben. Denn Panik und Trägheit helfen nicht – sie versperren vielmehr den Blick auf alternative Lösungen. Die Klima-Risikokarten sind ein wesentliches Element bei der Zusammenstellung optimierter Baumarten-Portfolios. Je größer die Risiken und Ungewissheiten, desto wichtiger wird der Grundsatz der Mischung: „Wer streut, rutscht nicht!“.

Literaturhinweise:

- [1] ALBRECHT, A.; SCHINDLER, D.; GREBHANN, K.; KOHNLE, U.; MAYER, H. (2009): Sturmaktivität über der nordatlantisch-europäischen Region vor dem Hintergrund des Klimawandels – eine Literaturübersicht. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 180. Jg., S. 109-118. [2] ASCHE, N. (2009): Wo steigt das Risiko des Fichtenanbaus? AFZ-DerWald, 64. Jg., Nr. 9, S. 465-467. [3] BAMBERG, G.; COENENBERG, A. G. (2004): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 12. Aufl., Vahlen, München. [4] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV) (2007): Klimaprogramm 2020. <http://www.stmugv.bayern.de/umwelt/klimaschutz/klimaprogramm/doc/klimaprogramm2020.pdf>. (heruntergeladen am 20.11.2009). [5] BOHN, U.; NEUHÄUSL, R.; unter Mitarbeit von HETTWER, C.; GOLLUB, G.; WEBER, H. (2000/2003): Karte der natürlichen Vegetation Europas/Map of the Natural Vegetation of Europe. Maßstab/Scale 1 : 2 500 000. Teil 1: Erläuterungstext mit CD-ROM; Teil 2: Legende; Teil 3: Karten. Landwirtschaftsverlag, Münster. [6] Forestry Commission UK (2009): Adapting Scotland's forests to climate change – changes in tree species suitability: Species suitability maps <http://www.forestryresearch.gov.uk/webside/forestryresearch.nsf/ByUnique/INFD-79RLEW> (aufgerufen 11.01.2010). [7] HAHN, A. (2008): Zum Begriff der forstlichen Nachhaltigkeit. Forstliche Identität, Gerechtigkeit und betriebliche Effizienz. AFZ-DerWald, Jg. 63, Nr. 17, S. 902-904. [8] HAHN, A. (2009): Worauf kommt es an: Euro oder Fm? Gedanken zu den Zielgrößen forstlicher Nachhaltigkeit. AFZ-DerWald, Jg. 64, Nr. 21, S. 1143-1144. [9] HANERWINKEL, M.; HUMMEL, S.; CULLMANN, D. (2009): Modelling and economic evaluation of forest biome shifts under climate change in Southwest Germany. Forest Ecology and Management doi:10.1016/j.foreco.2009.08.021. [10] HEINING, B. (1996): Klimaänderung und Standortseignung der Fichte in Ostbayern. AFZ-DerWald, 51. Jg., Nr. 18, S. 1012-1014. [11] HIRSHLEIFER, J.; RILEY, J. G. (2002): The analytics of uncertainty and information. University Press (6th reprint, first published 1992), Cambridge. [12] KÖLLING, C.; AMMER, C. (2006): Waldumbau unter den Vorzeichen des Klimawandels. Zahlen der Bundeswaldinventur zeigen Anpassungsschwerpunkte. AFZ-DerWald, 61. Jg., Nr. 20, S. 1086-1089. [13] KÖLLING, C.; BACHMANN, M.; FALK, W.; GRÜNERT, S.; SCHALLER, R.; TRETTNER, S.; WILHELM, G. (2009): Klima-Risikokarten für heute und morgen. Der klimagerechte Waldumbau bekommt vorläufige Planungsunterlagen. AFZ-DerWald, 64. Jg., Nr. 15, S. 806-810. [14] KÖLLING, C.; DIETZ, E.; FALK, W.; MELLERT, K.-H. (2009): Provisorische Klima-Risikokarten als Planungshilfe für den klimagerechten Waldumbau in Bayern. Forst und Holz, 64. Jg. H. 7/8 64, S. 40-47. [15] KÖLLING, C.; KNOKE, T.; SCHALL, P.; AMMER, C. (2009): Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv 80. Jg., S. 42-54. [16] KÖLLING, C.; ZIMMERMANN, L.; BORCHERT, H. (2009): Von der »Kleinen Eiszeit« zur »Großen Heißezeit«. Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Fichtenanbaus in Deutschland. Iwf aktuell H. 69, S. 58-61. [17] KNOKE, T.; STIMM, B.; AMMER, C.; MOOG, M. (2005): Mixed forests reconsidered: A forest economics contribution to the discussion on natural diversity. Forest Ecology and Management 213, S. 102-116. [18] KNOKE, T.; SEIFERT, T. (2007): Integrating selected ecological effects of mixed European beech-Norway spruce stands in bioeconomic modelling. Ecol. Model. doi:10.1016/j.ecolmodel.2007.08.011. [19] PRASAD, A. M.; IVERSON, L. R.; MATTHEWS, S.; PETERS, M. (2009): Climate Change Tree Atlas (A Spatial Database of 134 Tree Species of the Eastern USA) http://www.nrs.fs.fed.us/atlas/tree/tree_atlas.html (aufgerufen 11.01.2010). [20] PROFFT, I.; BAIER, U.; SEILER, M. (2008): Borkenkäfer als Vitalitätsindikator für einen standortgerechten Fichtenanbau. Forst und Holz, 63. Jg., H. 2, S. 32-37. [21] PROFFT, I.; SEILER, M.; ARENHÖVEL, W. (2007): Die Zukunft der Fichte in Thüringen vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forst und Holz, 62. Jg., S. 19-25. [22] SCHLUTOW, A.; GEMBALLA, R. (2008): Sachsens Leitwaldgesellschaften. Anpassung in Bezug auf den prognostizierten Klimawandel. AFZ-DerWald, 63. Jg., Nr. 1, S. 28-31. [23] SCHMIEDINGER, A.; BACHMANN, M.; KÖLLING, C.; SCHIRMER, R. (2009): Verfahren zur Auswahl von Baumarten für Anbauversuche vor dem Hintergrund des Klimawandels. Forstarchiv 80. Jg., S. 15-22. [24] SPELLMANN, H.; SUTMÖLLER, J.; MEESENBURG, H. (2007): Risikoversorge im Zeichen des Klimawandels. AFZ-DerWald, 62. Jg. Nr. 23, S. 1246-1249. [25] ULLRICH, T. (2009): Die Fichten-Risikokarte von Hessen-Forst. Forst und Holz, 64. Jg., H. 9, S. 22-24.