

StartClim2006.C

Auswirkung des Klimawandels auf die Ausbreitung der Engerlingsschäden (Scarabeidae; Coleoptera) im österreichischen Grünland

Bio Forschung Austria



Institut für Meteorologie
Universität für Bodenkultur



Auswirkung des Klimawandels auf die Ausbreitung der Engerlingsschäden (Scarabeidae; Coleoptera) im österreichischen Grünland.

Endbericht zum Projekt StartClim2006.C

Projekt-Mitarbeiter und
Autoren des Endberichts:

Eva-Maria Grünbacher
Patrick Hann
Claus Trska
Bernhard Kromp
Herbert Formayer

Bio Forschung Austria
Rinnböckstr. 15
1110 Wien
office@bioforschung.at

Wien, im Juli 2007

StartClim2006.C

Teilprojekt von StartClim2006

Projektleitung von StartClim2006:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2006 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMGFJ, des BMWF, des BMWA und der Österreichischen Hagelversicherung gefördert

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	-----	5
Abstract	-----	5
C-1	Einleitung -----	6
C-1.1	Problemstellung -----	6
C-1.2	Projektziele -----	7
C.2	Literaturstudie -----	8
C.2.1	Schäden und wirtschaftliche Bedeutung -----	8
C.2.2	Morphologie der Hauptschadarten -----	9
C.2.3	Entwicklungszyklus, Biologie und Ökologie der Hauptschadarten -----	10
	<i>C.2.3.1 Maikäfer</i> -----	<i>10</i>
	<i>C.2.3.2 Gartenlaubkäfer</i> -----	<i>13</i>
C.2.4.	Verbreitung der Hauptschadarten und Abhängigkeit von klimatischen Faktoren -----	13
C.2.5	Bekämpfungsmöglichkeiten -----	16
C-3	Methodik -----	18
C-3.1	Befragungen und Betriebsbegehungen -----	18
C-3.2	Erstellung der Karten -----	18
C-4	Ergebnisse und Diskussion -----	20

C-4.1	Räumliches und zeitliches Auftreten von Engerlingsschäden von 2000 bis 2006	
C-4.1.1	<i>Verbreitung der Engerlingsschäden österreichweit</i>	20
C-4.1.2	<i>Verbreitung der Engerlingsschäden in den beispielhaften Schadensgebieten Murau und Judenburg</i>	23
C-4.1.3	<i>Verbreitung der Engerlingsschäden auf Beispielbetrieben</i>	25
C-4.2	Zusammensetzung und Verbreitung der Engerlingsarten	31
C-4.3	Ausmaß der betroffenen Schadflächen	32
C-4.4	Einflussfaktoren auf die Engerlingsschäden	33
C-4.4.1	<i>In den Fragebogen-Rückmeldungen und Telefonaten genannte Einflussfaktoren auf die Engerlingsschäden</i>	33
C-4.4.2	<i>In den Fragebögen genannte Maßnahmen gegen Engerlingsschäden</i>	35
C-4.5	Der Zusammenhang zwischen klimatischen Faktoren und der zeitlich-räumlichen Verbreitung von Engerlingsschäden 2000 – 2006	36
C-4.6	Zusammenfassung der Einflussfaktoren	45
C-5	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	48
	Literaturverzeichnis	49
	Anhang	51

Kurzfassung

Bei Literaturrecherchen wurde festgestellt, dass klimatische Einflussfaktoren und günstige Bodenfaktoren hauptverantwortlich für das Auftreten von Engerlingen und deren Fraßschäden sind. Im österreichischen Wirtschaftsgrünland sind vor allem bodenlebende Engerlinge der Feld-Maikäfer (*Melolontha melolontha*), der Junikäfer (*Amphimallon solstitiale*) und der Gartenlaubkäfer (*Phyllopertha horticola*; alle Blatthornkäfer, Scarabaeidae) von Interesse.

Durch Befragungen von Pflanzenschutzreferenten der Landwirtschaftskammern und mittels eines an 74 Bezirksbauernkammern versandten Fragebogens, wurde österreichweit seit dem Jahr 2000 insgesamt eine geschätzte Schadensfläche von über 14.800 ha, vorwiegend im Grünland, erhoben. Ab 2000 gab es eine stetige Zunahme an Engerlingsschäden, mit einem Höhepunkt im Hitze- und Dürrejahr 2003. Die befallenen Flächen erstreckten sich entlang des Alpenhauptkammes von Vorarlberg bis ins Alpenvorland. Zudem waren Südhänge des Donautals in Ober- und Niederösterreich und das Innviertel betroffen. Das massive Auftreten des Engerlings dürfte dem Gartenlaubkäfer zuzuschreiben sein, welcher in diesen Regionen hauptsächlich anzutreffen ist und in Grünlandgebieten Schäden auf südlich exponierten Hängen verursacht. Von 2004 bis 2006 nahm das Schadausmaß in ganz Österreich wieder ab. Aus einer Karte der Niederschlagsanomalien in Österreich im Jahr 2003 (siehe unterer Teil der Abb. C-22) ist ersichtlich, dass die Schadregionen hauptsächlich in den Gebieten mit starkem Niederschlagsdefizit lagen. Auch bei den 2007 durchgeführten Betriebserhebungen verdichteten sich die Hinweise darauf, dass Trockenheit und höhere Bodentemperaturen die für eine optimale Entwicklung der Engerlingspopulationen und nachfolgende Fraßschäden bestimmenden Faktoren sein dürften.

Trockenheit kann die Auswirkungen des Engerlingsfraßes zusätzlich verstärken, indem die Regeneration der geschädigten Grasnarbe verzögert wird. Bei starker Schädigung der Grasnarbe in Hanglagen kann es durch Abrutschen der Maschinen zu gefährlichen Situationen für die BewirtschafterInnen kommen.

Für die Konzepterstellung und Realisierung eines Engerling-Warndienstes ist es notwendig, die identifizierten Parameter bezüglich ihrer Wirkung auf den Käfer bzw. Engerling genauer zu überprüfen und anschließend zu quantifizieren. Die Erstellung eines zuverlässigen Prognosesystems erfordert genaue Angaben zu den Verbreitungsgebieten der Engerlingsarten und deren ökologische Ansprüche, vor allem bezüglich der Bodenparameter.

Abstract

From the literature it was derived that climatic and pedologic factors are mainly responsible for the occurrence of white grubs and their feeding damages. In the Austrian cultivated grassland mainly soil-dwelling grubs of the cockchafer (*Melolontha melolontha*), the June beetle (*Amphimallon solstitiale*) and the garden chafer (*Phyllopertha horticola*) are of interest.

By interrogating plant protection consultants of Agricultural Chambers and by means of a questionnaire sent to 74 County Chambers, all over Austria an acreage of a cumulated 14.800 hectares of damaged fields were estimated, mainly in cultivated grassland. From 2000 onwards, a steady increase of white grub damages occurred, with a climax in the year of heat and drought in 2003. The infested fields extended along the alpine main ridge from Vorarlberg up to the alpine foreland. Furtheron, southern slopes of Danube valley in Upper and Lower Austria were affected. The massive occurrence of white grubs mainly is to be dedicated the garden chafer, which is occurring dominantly in these regions and damages southern exposed grassland slopes. From 2004 to 2006, the extent of damages decreased again all over Austria. From a map of precipitation anomalies in Austria in 2003, it becomes obvious that the damaged areas were mainly situated in regions with a strong precipitation deficit. On-farm investigations performed in 2007 strengthened the hypothesis that drought and elevated soil temperatures might be the decisive factors for an optimized development of grub populations and subsequent feeding damages. Additionally, drought can increase the effects of grub damage by delaying the regeneration of the damaged sward. A strongly damaged sward on slopes can lead to dangerous situations for the farmers by slipping machines.

For conception and realization of a grub warning service, it is essential to test the identified parameters for their effect on the beetles and grubs, respectively, and subsequently quantify them concretely. The implication of a reliable risk assessment system needs accurate knowledge of the distribution of grub species as well as their ecological demands, mainly concerning soil parameters.

C-1 Einleitung

C-1.1 Problemstellung

In den letzten Jahren wurden im österreichischen Wirtschaftsgrünland bedeutende Schäden durch die bodenlebenden Engerlinge der Feld-Maikäfer (*Melolontha melolontha*), Junikäfer (*Amphimallon solstitiale*) und Gartenlaubkäfer (*Phyllopertha horticola*; alle Blatthornkäfer, Scarabaeidae; Coleoptera) beklagt. Im Jahr 2000 wurde in Österreich eine bundesweite Schadenserhebung mittels einer Befragungsaktion an Bezirksbauernkammern durchgeführt, aus der sich v.a. für den Feld-Maikäfer und den Gartenlaubkäfer zunehmende Schäden in der Mehrzahl der Bundesländer ableiten ließen (STRASSER 2004b). KELLER & ZIMMERMANN (2005) beziffern in einem Übersichtsartikel über Engerlingsschäden in Mitteleuropa für Österreich 30.000 ha als durch den Maikäfer sowie 31.000 ha als durch den Gartenlaubkäfer geschädigt. Die Autoren berichten auch von plötzlich aufgetretenen Schäden durch die bis dahin eher unauffälligen Junikäfer auf Golf- und anderen Sportplätzen in der Schweiz. In Österreich sind nach BUCHGRABER (FANK, mündl. 2005) derzeit ca. 25.000 ha Grünland durch Engerlingsschäden gefährdet. Bei starker Schädigung der Grasnarbe in Hanglagen kann es durch Abrutschen der Maschinen zu lebensgefährlichen Situationen für die BewirtschafterInnen kommen. Die Rekultivierungskosten nach mechanischer Bekämpfung der Engerlinge und Neuansaat der Flächen betragen 200–300,- €/ha und ziehen einen Ertragsausfall von mindestens einem halben Jahr nach sich (FANK, mündl. 2005).

Über die Ursachen der rezent zunehmenden Schäden gibt es bis jetzt nur Vermutungen, die von dem Populationsaufbau von Maikäfern förderlichen Veränderungen der Landnutzungsstruktur v.a. durch die Zunahme von Bracheflächen bis zur Rückläufigkeit der Insektizideinsätze reichen.

Nachdem es zum Flugauftreten der Maikäfer in Österreich sehr lange zurückreichende Beobachtungsreihen gibt (CATE 2004), wird im Rahmen des derzeit laufenden Projekts CLIMPHEN im Auftrag der ÖAW der Versuch unternommen, die phänologischen Daten der Maikäferflugbeobachtungen mit Klimadaten zu korrelieren. Damit soll der Frage nachgegangen werden, ob die Klimaerwärmung über eine Verkürzung der 3-5 jährigen Entwicklungsdauer der Maikäfer für die Zunahme der Populationsstärke verantwortlich zu machen ist (SCHEIFLINGER, mündl. 2006).

Offen bleibt die Frage, wo und unter welchen Umständen sich die beobachtbaren Adultpopulationen der schädlichen Scarabaeidenarten durch Eiablage und anschließende Entwicklung der Engerlinge über die Schadschwellen hinaus in Schädigungen der Grasnarbe manifestieren können. SCHEERPELTZ (1950) nennt innerhalb des mehr oder weniger durch die 7° C Jahresisotherme begrenzten Verbreitungsgebiets der Maikäfer sehr allgemein „warme, trockene, mäßig durchlässige, tiefgründige und nährstoffreiche Böden“ als Voraussetzung für optimale Entwicklungsbedingungen für eine Massenvermehrung der Engerlinge. Diese Stellen werden weiters durch das Eiablageverhalten der Käferweibchen determiniert, die sich an „lockeren, trockenen Stellen des Bodens in lichter, sonniger freier Lage“, aber auch „auf dicht berastem und somit gedeckterem Boden“ in den Boden eingraben und ihre Eier ablegen. Diese Angaben sind für mögliche Risikoprognosen von Engerlingsschäden auf der Grundlage der Kenntnis von Boden- und Klimafaktoren, wie sie zB. die Österreichische Hagelversicherung ihren Klienten auf der neuen Wetterhomepage zur Verfügung stellen möchte (FANK, briefl. 2006), viel zu allgemein und daher nicht anwendbar. Ähnliches gilt für die Schäden durch Engerlinge der Juni- und Gartenlaubkäfer.

C-1.2 Projektziele

Das übergeordnete Ziel dieses Projekts war es, den vorliegenden Kenntnisstand der Engerlingsproblematik in Österreich zu erheben und dahingehend zu bewerten, inwieweit er ausreichend ist bzw. welche weiteren Wissensgrundlagen geschaffen werden müssen, um einen Warndienst im Rahmen der Wetter-Homepage der Österreichischen Hagelversicherung einrichten zu können. Die Ergebnisse dienen auch als Vorstudien für ein Engerlingsmodul in einem umfassenden, derzeit beim Lebensministerium eingereichten Forschungsprojekt. In diesem Projekt soll in Kooperation von mehreren Forschungseinrichtungen und Universitäten ein räumlich hochaufgelöstes Monitoringsystem für die Landwirtschaft entwickelt werden, unter besonderer Berücksichtigung von Trockenheit und Schädlingsbefall.

Die Ziele des Projekts waren im einzelnen:

- 1) Sichtung und Aufbereitung der vorhandenen Literatur über die Ansprüche der Engerlinge von Mai-, Juni- und Gartenlaubkäfer an Standorts-, Boden- und Klimaverhältnisse.
- 2) Sichtung und Aktualisierung der vorliegenden Verbreitungsangaben über die Engerlingsschäden in Österreich durch Befragung der Grünland- und Pflanzenschutzreferenten der Landwirtschaftskammern und Bezirksbauernkammern.
- 3) Identifizierung von Engerlings-„Schadensjahren“ bzw. Veränderungen des Schadensausmaßes seit 2000 und die Interpretation der Zusammenhänge dieser Daten mit den Jahresklimaverläufen.
- 4) Überprüfung, inwieweit die Engerlings-Schadensgebiete mit den phänologischen Beobachtungen der Maikäferflüge geographisch in Deckung zu bringen sind.
- 5) Auswahl von Hauptschadensgebieten für eine Befragung ausgewählter Grünlandbetriebe zu den Begleitumständen von Engerlingsschäden hinsichtlich schlaggenauer Verortung, topographischer Situation (Exposition, Hangneigung, Waldrandnähe etc.) und Bewirtschaftungshintergrund (Bodenbearbeitung, Düngung, Mahd) von Engerlingsschäden und die Einwerbung von Stichproben zur taxonomischen Abklärung der beteiligten Engerlingsarten.
- 6) Überprüfung der aus der Österreichischen Bodenkartierung abrufbaren Bodenkennwerte hinsichtlich ihres Erklärungswertes für die Engerlingsschäden und die Korrelierbarkeit mit der räumlichen Verteilung der Schadensflächen in den ausgewählten Gebieten.
- 7) Identifizierung des Defizits an Parametern, das für eine Vorhersage von Engerlingsschäden und der Konzepterstellung zur Realisierung der (probeweisen) Einrichtung eines Engerling-Warndienstes im Rahmen der Wetter-Homepage der Österreichischen Hagelversicherung notwendig ist.

C.2 Literaturstudie

C.2.1 Schäden und wirtschaftliche Bedeutung

Die Larven der Familie der Blatthornkäfer (Scarabaeidae) werden allgemein als Engerlinge bezeichnet (FABER 1951D). In Österreich verursachen Larven des Feld- und Waldmaikäfers (*Melolontha melolontha* und *M. hippocastani*), des Gartenlaubkäfers (*Phyllopertha horticola*) und des Junikäfers (*Amphimallon solstitiale*) Schäden im Grünland (STRASSER 2004B und TRAUOGOTT 2003).

In Österreich ist der Maikäfer mit zwei Arten vertreten: der etwas größere Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha* L.) ist häufiger und als Schädling bedeutender als der Waldmaikäfer (*Melolontha hippocastani* F.) (FABER 1951B). In den landwirtschaftlich bedeutsamen Gebieten Österreichs hat allein der Feldmaikäfer wirtschaftliche Bedeutung. Nur in einigen Alpentälern herrscht nach FABER (1951A) der Waldmaikäfer gegenüber dem Feldmaikäfer vor (z.B. im Murtal oberhalb Bruck). Das Ausmaß der möglichen Schäden durch Feldmaikäfer wird vielfach unterschätzt, weil er höchstens zwei Monate seines Lebens außerhalb des Bodens verbringt und nur in dieser Zeit sichtbar ist (FRÖSCHLE 2002). Die Käfer verursachen vorwiegend Blattfraß an Bäumen und Sträuchern. In Maikäferjahren kann es zu Kahlfraß kommen, der je nach Kultur beträchtliche Ertragsverluste zur Folge haben kann. Vereinzelt werden auch Früchte (z. B. Äpfel) angefressen. Waldbäume reagieren mit einer Verringerung des Holzzuwachses. Wirtschaftlich viel bedeutsamer sind die von den Engerlingen hervorgerufenen Schäden. Sie können besonders in Trockenjahren bei Obstgehölzen, Baumschulen, Erdbeeren, Kartoffeln, Zuckerrüben, Reben, Tabak und Hopfen große Schäden anrichten. Bei stark befallenen Wiesen kann die Grasnarbe wie ein Teppich aufgerollt werden (FRÖSCHLE 2002).

Die Engerlinge des Gartenlaubkäfers können ähnlich schädlich sein wie Maikäferengerlinge. Sie können auf Weiden und Wiesen die Wurzeln derart stark abfressen, dass die Grasnarbe den Kontakt zum Boden verliert. Es wurden bis zu 700 Engerlinge pro Quadratmeter Wiesenfläche gezählt (FABER 1951D).

Die tolerierbare Schädlingsdichte (Schadschwelle) wird meist auf die Engerlinge im zweiten Larvenstadium bezogen, da diese für die größten Schäden in der Landwirtschaft verantwortlich zu machen sind. Beim Maikäfer gilt als Schwellenwert für Grünland ein Besatz von 35 bis 40 Engerlinge/m² im Herbst des Flugjahres (L1-Stadium) und 20 bis 30 Engerlinge/m² im Frühjahr des Hauptschadensjahres (L2-Stadium). Für Ackerland, wertvolles Kulturland und Baumschulen wird eine Bekämpfung ab 2 Engerlingen/m² empfohlen. Die Schwellenwerte für den Gartenlaubkäfer können höher angesetzt werden, da bei gleicher Engerlingszahl durch die geringere Größe und kürzere Verweildauer im Boden, aufgrund der nur einjährigen Entwicklungsdauer (s.w.u.) ein geringeres Schadensausmaß festzustellen ist (PÖTSCH ET AL. 1997).

STRASSER führte im Juni 2000 eine Schadenserhebung zum Maikäfer-, Junikäfer- und Gartenlaubkäferbefall in Österreich durch. Die Umfrageergebnisse wurden auf Grundlage eines von der Biologischen Bundesanstalt Darmstadt entworfenen Fragebogens erhoben. Das Datenmaterial wurde von den Referenten der Bezirks- und Landeslandwirtschaftskammern aller Bundesländer zur Verfügung gestellt (STRASSER 2004B). Die Sichtung des Datenmaterials ergab, dass seit Beginn der frühen achtziger Jahre bundesweit eine Zunahme von Maikäferflügen und –schäden auftrat. Gehäufte Gartenlaubkäferschäden wurden in den Bundesländern Oberösterreich, Kärnten, Salzburg, Steiermark, Tirol und Vorarlberg gemeldet, wobei die trockene Witterung im Jahr 2003 die Situation zusätzlich verschlimmert hat (STRASSER 2004A). Von den regionalen Landeslandwirtschaftskammern wurden mehrere tausend Hektar Wiesen als total zerstört gemeldet und mussten mit aufwendigen Neuansaatensaniert werden (STRASSER 2004A).



Abb. C-1: Von Engerlingsschäden betroffene Flächen: Links in Schrott, Radenthein im August 2003 und rechts Penk, Reißbeck im Juli 2003 (Fotos zur Verfügung gestellt von DI PETER WEICHS-
LER).

C.2.2 Morphologie der Hauptschadarten



Abb. C-2: Auf der linken Seite Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha*), Gartenlaubkäfer (*Phyllorpertha horticola*) und Junikäfer (*Amphimallon solstitiale*). Rechts Engerling des Feldmaikäfers (Quelle: NATUR-LEXIKON.com, Foto: Dr. Stephan Roscher; RWS; DE NATUUR)

Der adulte Maikäfer hat braungelbe bis rostrote Flügeldecken und erreicht eine Größe von 20-30 mm. Das Halsschild und die unter den Flügelspitzen hervorragende Hinterleibsspitze sind braunrot bis schwarz gefärbt. Die Fühler der Weibchen besitzen sechs, jene der Männchen sieben, deutlich größer ausgebildete, bewegliche Lamellen. Der ausgewachsene Maikäfer kann leicht mit dem Junikäfer verwechselt werden, der ebenfalls eine einheitliche gelbbraune bis braune Färbung aufweist. Sicheres Unterschei-

dingsmerkmal sind die Fühlerkeulen, die beim Junikäfer nur aus drei Lamellen bestehen (PÖTSCH ET AL. 1997). Die drei Larvenstadien des Maikäfers (L1, L2 und L3) können aufgrund der Kopfkapselgröße unterschieden werden. Im ersten Entwicklungsstadium (L1) wird ein Durchmesser bis 2,7 mm, bei L2 zwischen 3,8 und 4,5 und beim dritten Larvenstadium (L3) zwischen 6,7 bis 7 mm erreicht (PÖTSCH ET AL. 1997).

Charakteristisch für den Gartenlaubkäfer, der eine Größe von ca. 8,5-12 mm erreicht, sind die braunen bis bläulich schwarzen Flügeldecken, sein grün bis blau schimmerndes Halsschild und der dicht behaarte Körper. Die Larve erreicht im L3-Stadium eine Größe von bis zu 3 cm (PÖTSCH ET AL. 1997).

Die Engerlinge der verschiedenen Arten sind einander so ähnlich, dass sie nur mit geschultem Auge sicher unterscheidbar sind. Als Unterscheidungsmerkmal dient die Art der Beborstung an der Bauchseite des letzten Hinterleibssegments, welche mit Hilfe einer Lupe gut erkennbar ist (FABER 1951D).

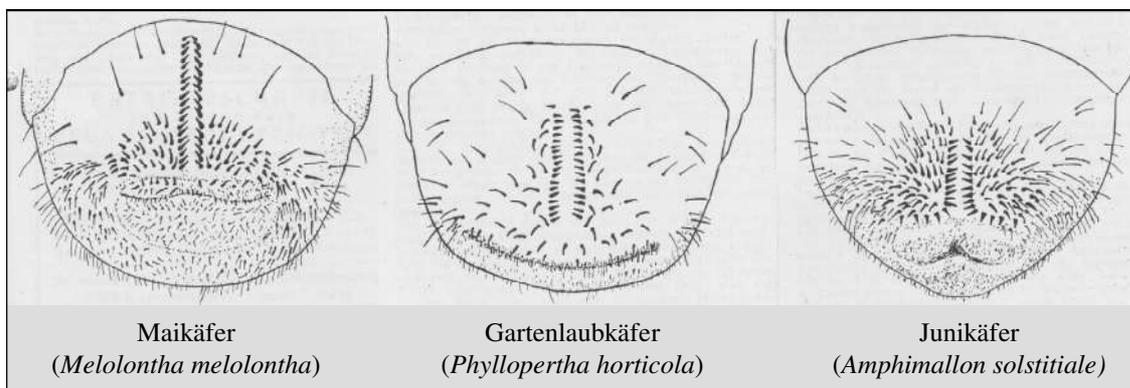


Abb. C-3: Anhand der Schaufelborsten und der Dörnchenlängsreihe auf der Bauchseite des Hinterleibsendes von Altlarven können die verschiedenen Engerlingsarten unterschieden werden (SUBKLEW, zitiert nach FABER 1951D).

C.2.3 Entwicklungszyklus, Biologie und Ökologie der Hauptschadarten

C.2.3.1 *Maikäfer*

Steigt im Frühjahr die Bodentemperatur über 10 °C an, so kommen zwischen 20 und 21 Uhr die Käfer bei lauer Witterung aus dem Boden und fliegen in Schwärmen direkt zu den Fraßplätzen, wo sie innerhalb kürzester Zeit belaubte Waldränder, Hecken, Gebüsch und Obstbäume befallen. Zu den bevorzugten Fraßbäumen des Maikäfers zählen Eichen, Rotbuchen, Weißbuchen, Kirschen, Zwetschken, Rosskastanien, Ahorn, Weiden, Lärchen und Sträucher. Es werden aber auch fast alle anderen Laubbäume befallen (FABER 1951B). Die Paarung der Käfer erfolgt bald nach Fraßbeginn. Bei schlechtem Wetter ziehen sich die Käfer sehr oft wieder in den Boden zurück. Zehn bis vierzehn Tage nach dem ersten Ausschwärmen erfolgt der Flug der legereifen Weibchen auf die Felder. Dort legen die Weibchen durchschnittlich 50 Eier in meist zwei Gelegen ab. Je nach Bodenbeschaffenheit werden die Eier in Tiefen von 10 bis 50 cm abgelegt. Zwischen der Ablage der Eigelege fliegt das Weibchen zu den Fraßplätzen, wo ein weiterer Reifungsfraß beginnt (FABER 1951B). Aus den Eiern schlüpfen nach vier bis sechs Wochen die jungen Engerlinge und ernähren sich in den ersten Monaten von Humusstoffen und zarten Wurzeln. Bei großer Befallsdichte können sie aber bereits im Herbst des Flugjahres Schäden an Kulturpflanzen hervorrufen. Noch vor der Überwinterung erfolgt die erste Häutung zum zweiten Larvenstadium (L2). Im Oktober oder November, wenn die Bodentemperaturen unter 10 °C sinken, stellen die jungen Engerlinge den Fraß ein und suchen größere Bodentiefen auf (10 bis 50 cm oder tiefer), wo sie vor starkem Frost geschützt sind. Im zweiten Entwicklungsjahr erfolgt die Häutung zum drit-

ten Larvenstadium (L3). Bei dreijähriger Entwicklung wird der Fraß im dritten Jahre zwischen Ende Juni und Anfang Juli eingestellt und es erfolgt die Verpuppung. Vier bis acht Wochen später schlüpfen die Käfer und erwarten in ihrer Erdhöhle das kommende Frühjahr (FABER 1951B).

Das Jahr nach dem Flugjahr ist bei einer dreijährigen Entwicklung das Hauptschadensjahr. Schäden treten an den unterirdischen Teilen fast aller Kulturtypen auf. So können sowohl Rüben, Rebschulen, Weingärten, Baumschulen als auch Kartoffel, Getreide, Wiesen und Weiden von den Schäden betroffen sein (FABER 1951B). Laut PÖTSCH ET AL. (1997) gehört der Löwenzahn zu den Lieblingsfraßpflanzen, allerdings werden auch sämtliche andere genießbare und sogar giftige Pflanzen befallen.

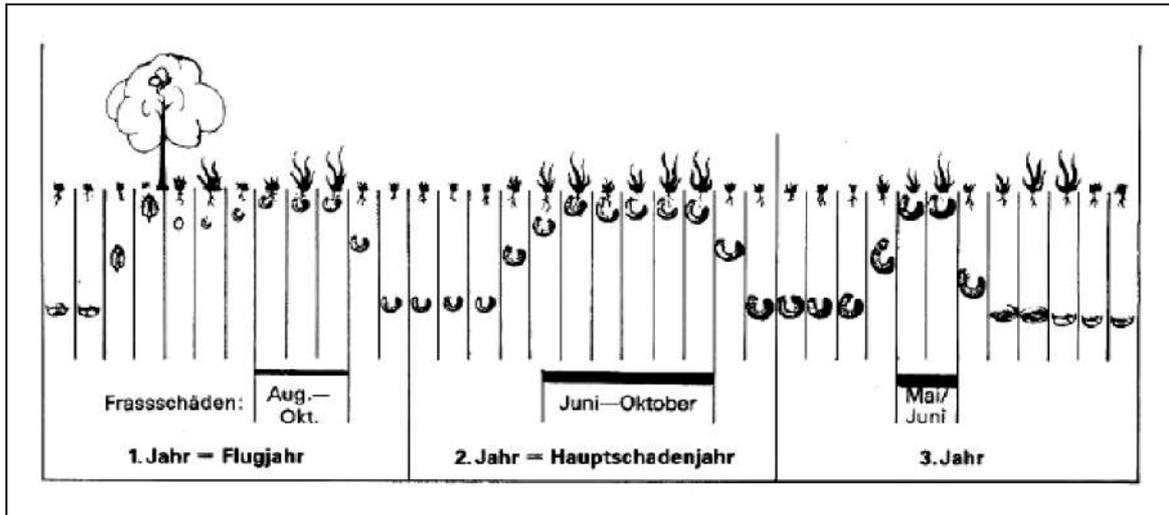


Abb. C-4: Entwicklungszyklus des Maikäfers (*Melolontha melolontha*; Quelle ÖKO-FORUM, Stadt Luzern 2007).

Da das regelmäßige Auftreten der Maikäferflüge von großer praktischer Bedeutung für rechtzeitige Bekämpfungsmaßnahmen war, reicht die Beobachtung und Registrierung der Hauptflugjahre in den Schadensgebieten schon sehr weit zurück. Die ersten großräumigen Untersuchungen zu den Maikäferflügen von *Melolontha melolontha* (L.) und *M. hippocastani* (F.) in Österreich wurden von ZWEIFELT (1928, zitiert nach CATE 2004) in seinem umfangreichen Werk vorgestellt (CATE 2004). FABER (1951A) führte diese Untersuchungen fort und erkannte anhand der Beobachtungen, dass die Hauptflugjahre der Maikäfer in den einzelnen Landesteilen nicht übereinstimmen, dass aber innerhalb der verschiedenen Fluggebiete die Wiederkehr der Hauptflugjahre mit sehr großer Regelmäßigkeit erfolgt. Die unterschiedlichen Flugjahrsfolgen könnten darauf zurückzuführen sein, dass die Entwicklungsdauer des Maikäfers je nach Standort entweder drei-, vier- oder fünfjährig ist, wobei jahresbedingte klimatische Veränderungen in den einzelnen Regionen eine Entwicklungsbeschleunigung bzw. -verzögerung bei einzelnen Maikäferpopulationen verursachen können (PÖTSCH ET AL. 1997). Der Feldmaikäfer und der Waldmaikäfer reagieren dabei auf das Standortsklima nicht gleich. Der Waldmaikäfer neigt bei ungünstigem Klima eher zur vierjährigen Entwicklung als der Feldmaikäfer. Dadurch gibt es Gebiete, in denen der Feldmaikäfer alle drei und der Waldmaikäfer alle vier Jahre Hauptflugjahre haben. In diesen Gebieten fällt der Hauptflug der Feldmaikäfer und der Waldmaikäfer alle zwölf Jahre zu einem besonders starken Flugjahr zusammen. Bei gleicher Entwicklungsdauer fallen sonst die Hauptflugjahre der beiden Arten in vielen Gebieten zusammen (FABER 1951A). Zwischen den Hauptflugjahren treten in den Hauptschadensgebieten Österreichs schwächere Zwischenflugjahre auf. In diesen Gebieten gibt es kaum Jahre ohne Maikäferflug (FABER 1951A).

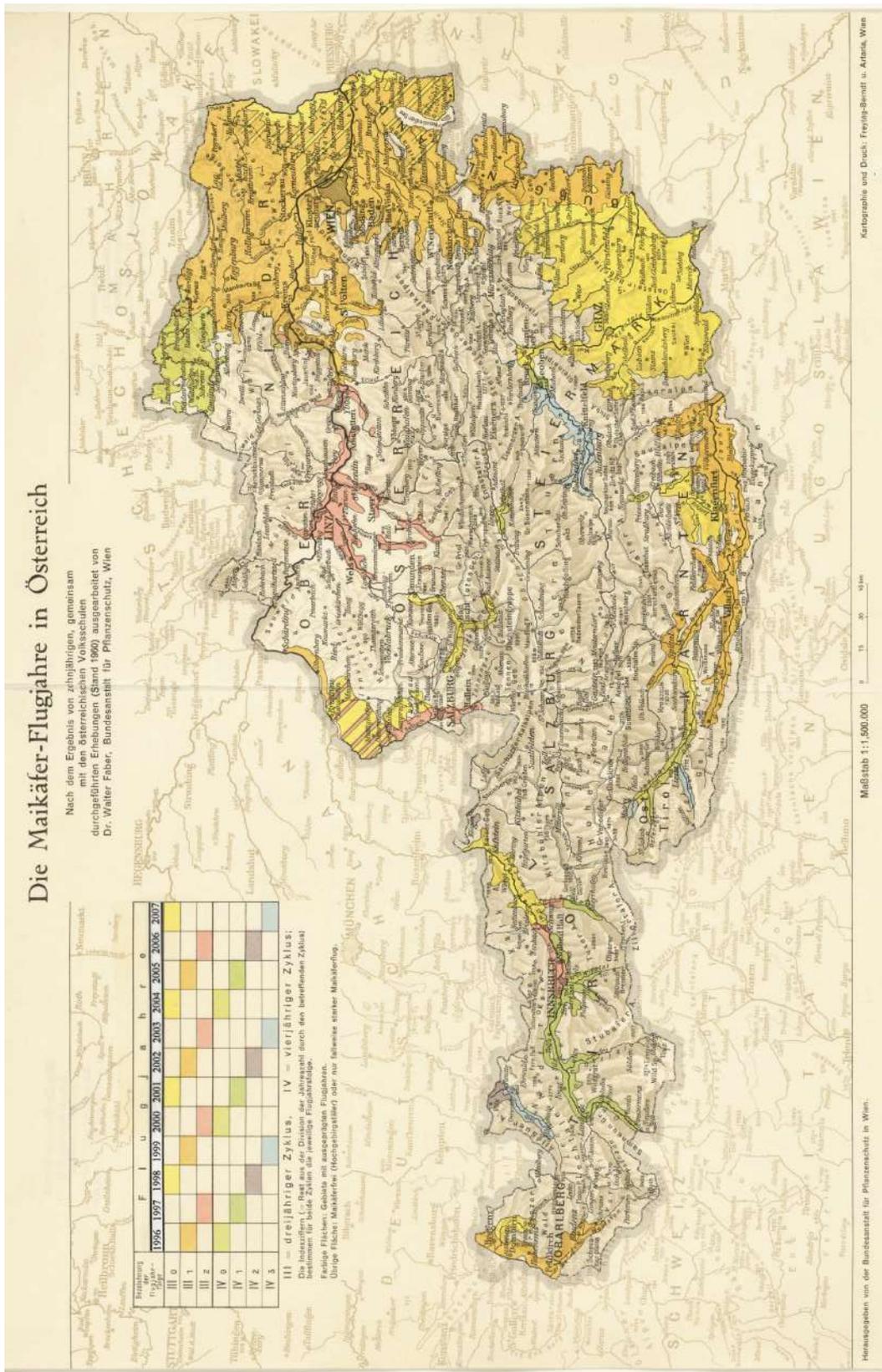


Abb. C-5: Maikäfer-Flugjahre (*Melolontha* sp.) in Österreich nach FABER (1961). Die Flugjahrsfolge wurde für die Jahre 1996 bis 2007 berechnet und eingetragen.

C.2.3.2 Gartenlaubkäfer

Im Gegensatz zum Mai- und Junikäfer ist der Entwicklungszyklus des Gartenlaubkäfers einjährig. Der Käferflug des Gartenlaubkäfers ist saisonal vom Klima abhängig, im Mai bis spätestens Anfang Juli kann der Schwärmflug beobachtet werden. Die Käferweibchen legen im Durchschnitt 30 bis 40 Eier in einer Tiefe von ca. 5 bis 16 cm einzeln in Erdhöhlen ab. Die Engerlinge schlüpfen nach 4 bis 6 Wochen und entwickeln sich sehr rasch, indem sie sich von Feinwurzeln ernähren. Das erste Larvenstadium (L1) dauert zirka drei Wochen, das zweite (L2) durchschnittlich 4 Wochen. Nach einer weiteren Häutung erscheint meist in der letzten Augustwoche das dritte Larvenstadium (L3), welches durch eine 8-10 wöchige Nahrungsaufnahme gekennzeichnet ist. Die Engerlinge wandern im Boden sowohl vertikal als auch horizontal und verursachen besonders im dritten Engerlingsstadium die größten Fraßschäden im Acker- und Grünland (PÖTSCH ET AL. 1997 und MILNE 1983). Die Überwinterung des Engerlings beginnt frühestens in der dritten Oktoberwoche. Die Engerlinge wandern in eine tiefere Bodenschicht (ca. 20 cm) ab und stellen die Nahrungsaufnahme bis zum Schwärmflug des Käfers ein. Mit Ende März verpuppen sich die Engerlinge, wobei die Puppenentwicklung ca. vier Wochen dauert.

Durch den einjährigen Entwicklungszyklus des Gartenlaubkäfers kommt es neben den Schäden im Grünland auch zu Fraßschäden in Obstbaumkulturen, Laubbaumbeständen, Rosen und anderen Blütensträuchern (PÖTSCH ET AL. 1997).

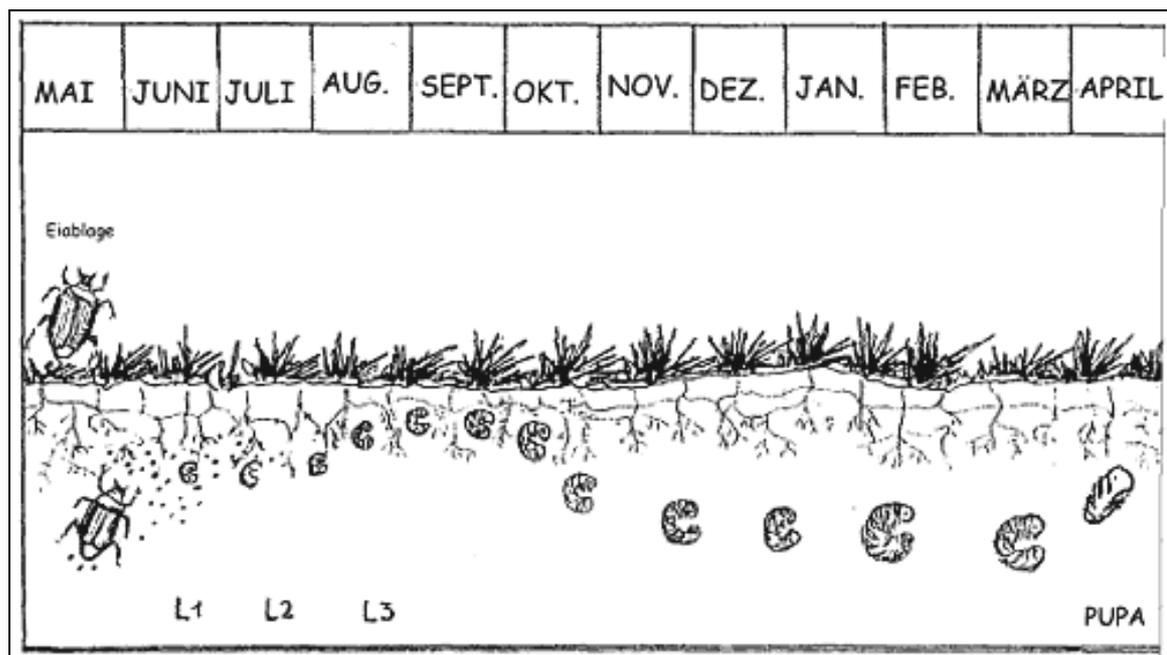


Abb. C-6: Lebenszyklus des Gartenlaubkäfers (*Phyllopertha horticola*; Quelle: e-nema).

C.2.4. Verbreitung der Hauptschadarten und Abhängigkeit von klimatischen Faktoren

Nach Untersuchungen österreichischer Forscher (u. a. ZWEIGELT 1928, zitiert nach SCHEERPELTZ 1950) steht Verbreitung und massenhaftes Auftreten der Maikäfer (*Melolontha* sp.) in engem Zusammenhang mit dem örtlichen Klima. Hohe mittlere Jahrestemperaturen und geringere Niederschläge fördern die Entwicklung, tiefe Temperaturen und große Niederschlagsmengen dagegen hemmen sie oder machen die Entwicklung unmöglich. Demzufolge wird der Maikäfer hauptsächlich in Tallagen und Ebenen von 300 bis 600 m Seehöhe angetroffen. In den Gebirgslagen kann der Maikäfer fallweise

bis zu einer Seehöhe von 1100 m gefunden werden, wobei sich dort bedingt durch das rauhere Standortklima meist ein vierjähriger Entwicklungszyklus beobachten lässt. Die Schadensgebiete des Gartenlaubkäfers hingegen befinden sich nicht nur in den Tallagen, sondern reichen hinauf bis in die höheren Regionen des Mittelgebirges (PÖTSCH ET AL. 1997). FABER (1951A) weist darauf hin, dass in einigen Gebieten (z. B. Waldviertel, Pinzgau, Saalfelden) der Maikäfer zwar regelmäßig auftritt, die Hauptflugjahre aber nur ausnahmsweise massenhaft sind. Der Junikäfer braucht für seine Entwicklung 2 bis 3 Jahre, wobei die Entwicklungsdauer durch Witterungseinflüsse viel leichter beeinflussbar sein dürfte als beim Maikäfer. Aus diesem Grund gibt es auch keine ausgesprochenen Flugjahre (FABER 1951D).

Im Allgemeinen hat sich durch die statistischen Erhebungen von SCHEERPELTZ (1950) gezeigt, dass die Jahresisotherme (Verbindungsline der Punkte gleicher Jahres-Durchschnittstemperatur in der Karte Europas) von 7° C als Grenze zwischen Befallsgebieten und mehr oder weniger maikäferarmen Gebieten aufgefasst werden kann. In Nord- und Westdeutschland lagen stark befallene Gebiete auch noch innerhalb einer Jahresisothermenlinie von durchschnittlich 6,5 °C. Bei Untersuchungen der Temperaturmittel innerhalb der einzelnen Jahresabschnitte wurde festgestellt, dass die Sommertemperaturen die Hauptrolle spielen und die Wintertemperaturen nur einen geringen Einfluss zeigen. Die Durchschnittstemperaturen während der Fraßzeit der Engerlinge (April bis Oktober) beziehungsweise die während dieser Zeit herrschenden Wärmesummen sind am stärksten ausschlaggebend: das April-Oktober-Mittel der Temperaturen muss mindestens 12,5° C betragen, damit sich der Maikäfer zum Massenschädling entwickeln kann. Auch bei der vertikalen Verbreitung zeigt sich, dass Maikäfer nur bis in Höhenlagen mit einer mittleren Jahrestemperatur von 7° C aufsteigen. Auch hier macht sich der Einfluss des April-Oktober-Mittels geltend, das auf den Südhängen durch die stärkere Erwärmung infolge stärkerer Besonnung oft viel höher ist als auf den Nordhängen oder im Wärmeschatten größerer Gebirgszüge. Durch die stärkere Besonnung, günstige Bodenverhältnisse vorausgesetzt, kommt es daher an Südhängen oft zu einem viel stärkeren Befall als in Talsohlen, in manchen Gegenden wird dadurch auch die horizontale und vertikale Befallsgrenze verschoben. So kann es nach SCHEERPELTZ (1950) beispielsweise bei einer möglichen Klimaveränderung mit einer Temperaturzunahme des örtlichen Jahresmittels um etwa 1° C zu einer Höhenverschiebung der Maikäferbefallsgrenze um etwa 200 m kommen.

HORBER (1955) hat für die Vorhersage des Flugbeginns festgestellt, dass der Flug der Maikäfer zu erwarten ist, sobald bei Tagesmitteltemperaturen ab + 8°C eine Tages-Temperatursumme von $256^{\circ}\text{C} \pm 16,3^{\circ}\text{C}$ erreicht ist. Auch für das Hervorkriechen der Käfer aus dem Boden ist eine gewisse Wärmesumme notwendig, während vor dem Schwärmen erst ein Schwellenwert von 20°C erreicht werden muss. Nicht ausreichende Wärme, Regen oder Schnee verursachen eine Verzögerung im Erscheinen der Käfer und wirken sich auf die Flugdauer, Flugzeit und auch auf die Generationsdauer aus (SCHEERPELTZ 1950). Aus den Abweichungen unterschiedlicher Beobachtungsstandorte können Ungenauigkeiten in der Temperatursummenregel entstehen, andererseits wäre es naheliegend, dass neben der Lufttemperatur auch die Bodentemperatur die Entwicklung der Käfer beeinflussen könnte. Letztere wird jedoch bei der Temperatursummenregel nicht verwendet (BRENNER 2004). Um die Beobachtungen weiter abzusichern und sie auch in Österreich anwenden zu können, wird von BRENNER (2004) empfohlen, die Temperatursummenregel in weiteren Flugjahren zu beobachten und auch in Österreich zu überprüfen.

Die Entwicklungsdauer des Feld- und Waldmaikäfers ist in Österreich je nach Standortklima drei- oder vierjährig (FABER 1951B). FABER (1961) konnte in Österreich durch seine Untersuchungen der Flugjahr-Verhältnisse einen Übergang vom vierjährigen zum dreijährigen Entwicklungszyklus der Maikäfer in den klimatisch günstigeren Gebieten feststellen. Besonders in einigen Alpentälern wurde diese Tendenz zur Verkürzung der

Entwicklungszeit deutlich. Auch Änderungen der Flugjahresfolgen unter Beibehaltung des Zyklus konnten festgestellt werden. Als Erklärung für die teilweise Beschleunigung der Entwicklungsdauer wird allgemein angenommen, dass das Klima, abhängig von der Höhenlage und der geographischen Breite, die Entwicklungsdauer der Maikäfer regelt (HURPIN 1962, zitiert nach SCHMID 2004), und dass die Dauer nicht genetisch fixiert ist, sondern sich je nach klimatischen Bedingungen verändern kann (GERSDORF 1958, zitiert nach SCHMID 2004).

Neben geeigneten klimatischen Verhältnissen dürften die Bodenfaktoren für die Massenentwicklung der Engerlinge hauptverantwortlich sein. Die Boden- und Grundwasser- verhältnisse und das Mikroklima des Bodens beeinflussen die Entwicklungsintensität der Engerlinge und das Eiablageverhalten der Maikäferweibchen (SCHEERPELTZ 1950).

Mehrere Autoren (z. B. FABER 1951B) erwähnen, dass zur Maikäfer-Eiablage Flächen mit nicht zu hohem, aber geschlossenem, dicht berastem Pflanzenbewuchs ausgesucht werden. Im Gegensatz dazu werden nach SCHEERPELTZ (1950) und PÖTSCH ET AL. (1997) zur Eiablage Wiesenflächen in lichter, sonniger freier Lage bevorzugt, die eine leicht lückige Grasnarbe und eine hohe Temperaturabstrahlung des Bodens aufweisen. Laut FABER (1951B) gelten Weiden, Wiesen, Winterungen u. ä. als bevorzugte Ei- Ablageplätze, während Schwarzbrachen gemieden werden. Grundsätzlich benutzt der Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha*) nach FABER (1951D) als Brutstätten bessere, humöse Böden, während der *Waldmaikäfer* (*M. hippocastani*) magere, sandige Böden vorzieht.

Der Gartenlaubkäfer entwickelt sich vielfach an denselben Örtlichkeiten wie die Maikäfer (FABER 1951D). Er „bevorzugt zur Eiablage sandige Böden und sucht sich trockene und sonnige Lagen mit Laubbäumen oder Sträuchern in der Nähe. Er bevorzugt etwas lückige Rasennarben. Diese haben eine höhere Temperaturabstrahlung des Bodens, durch die die weiblichen Käfer anscheinend u. a. bei der Suche nach einer geeigneten Stelle geleitet werden. Dichte Rasennarben mit höherem Bewuchs hemmen dagegen die Eiablage der Weibchen“ (BOCKSCH 2003, p.3). Mit Ausnahme von Überlappungsperioden können niemals mehr als zwei Stadien des Gartenlaubkäfers im Boden nebeneinander beobachtet werden (PÖTSCH ET AL. 1997). Laut MILNE (1983) werden Populationsänderungen der Gartenlaubkäfer von Umweltfaktoren, die alle mehr oder weniger von Wetterfaktoren abhängen, beeinflusst. So verursachen zB Regenfälle (im Übermaß) und Temperaturen (unter Null) die höchsten Mortalitätsraten der Gartenlaubkäferengerlinge. Treten tiefe Fröste ein, bevor sich die Engerlinge in tiefere Bodenschichten zurückziehen, so kann sich das dezimierend auf die Gartenlaubkäferpopulation auswirken. Finden im Herbst starke Regenfälle statt, so überwintern die Engerlinge in höheren Bodenschichten und sind starken Frösten mehr ausgesetzt.

Das Verbreitungsgebiet der Junikäferengerlinge deckt sich weitgehend mit dem des Waldmaikäferengerlings, der magere und sandige Böden vorzieht. Die Schäden werden in trockenen Wiesen und Weiden, aber auch in Feldkulturen verursacht (FABER 1951D).

Laut FABER (1951B) sind die Eier der Maikäfer gegen Trockenheit sehr empfindlich. Auch FRÖSCHLE (2002) meint, dass die Eier für ihre Entwicklung ausreichende Bodenfeuchtigkeit benötigen, da sie vor der Reife ihr Volumen durch Wasseraufnahme stark vergrößern müssen. Sowohl zu hohe Trockenheit als auch Staunässe dürften zu einer hohen Absterberate der Eier führen. Tiefgründige, mäßig durchlässige, nicht zu Vernässung neigende und nährstoffreiche Böden dürften den Maikäfer-Engerlingen optimale Entwicklungsbedingungen bieten (SCHEERPELTZ 1950, FRÖSCHLE 2002 und andere).

Zusammenfassend meint SCHEERPELTZ (1950), dass überall dort, wo wärmeres Klima herrscht und die Entwicklung der Engerlinge mehr im freien Felde stattfindet, beide Maikäferarten schon in drei Jahren die ganze Entwicklung durchlaufen können, und überall dort, wo kühleres Klima herrscht und die Entwicklung mehr in gedeckteren Bodenlagen vor sich geht, eine vierjährige Entwicklungsdauer stattfindet. Unregelmäßigkeiten und

Verschiebungen der Entwicklungsgeschwindigkeit treten aber, verursacht durch die Einflüsse der Umweltfaktoren, vor allem durch die Schwankungen des Makroklimas des Gebietes und die Beschaffenheit des Mikroklimas der jeweiligen Böden häufig auf.

C.2.5 Bekämpfungsmöglichkeiten

Laut PÖTSCH ET AL. (1997) kann eine geschlossene Grasnarbe, die durch regelmäßige Grünlandpflege, Nachsaat oder Übersaat sowie eine ordnungsgemäße Düngung sichergestellt wird, die Eiablage der Weibchen verhindern. Der Zeitpunkt des Schnittes soll so gewählt werden, dass zur Zeit des Käferfluges noch hohes Gras vorhanden ist. Auch durch eine gezielte Bewässerung soll das eiablagebereite Weibchen von den Flächen ferngehalten werden können. Die Bewässerung bewirke eine Reduzierung der Temperaturabstrahlung des Bodens, der nasse Boden täusche den Weibchen darüber hinaus schlechte Bedingungen für die Eiablage vor. Die Käferweibchen würden den berechneten Flächen ausweichen und könnten in gewünschte andere, zur Bekämpfung besser geeignete Standorte umgeleitet werden (PÖTSCH ET AL. 1997).

Laut PÖTSCH ET AL. (1997) könne auch Gülledüngung als indirekte Bekämpfungsstrategie gegen Engerlinge aufgefasst werden, da die geschädigten Pflanzen bzw. Pflanzenteile durch eine gezielte Nährstoffversorgung die Schäden besser kompensieren könnten. Allerdings komme es zu keiner Reduzierung der Engerlinge im Boden. Die Engerlinge würden während der Gülledüngung in tiefere Bodenschichten abwandern, aber wieder in den Bereich der Grasnarbe zurückkehren und dort ihr Fraßtätigkeit fortsetzen. Eine ausgeglichene Düngung führe letztlich aber zu einer dichten, geschlossenen Grasnarbe und damit zu einem vorbeugenden Schutz vor den Käfern (PÖTSCH ET AL. 1997).

PÖTSCH ET AL. (1997) empfehlen als Bekämpfungsmaßnahme weiters die Beweidung der Grünlandflächen mit Rindern. Durch eine Herbstbeweidung können im Flugjahr bis zu 60 % der Engerlinge abgetötet werden. Bei einer Frühjahrsbeweidung im Hauptschadensjahr kann nochmals eine starke Abnahme (bis zu 75%) durch den Viehtritt festgestellt werden. Die Wirkung hängt allerdings von der Viehbesatzdichte und der Dauer der Beweidung ab.

Der Engerlingsbesatz kann auch durch einen gezielten Maschineneinsatz (Striegel, Egge, Fräse, Pflug etc.) stark reduziert werden, wobei der Einsatz kurz nach der Eiablage oder im Herbst des Flugjahres erfolgen soll, da die Eier und die jungen Engerlinge besonders empfindlich auf eine mechanische Belastung reagieren. Allerdings kommt es durch diese Maßnahmen zu spürbaren Ertragseinbußen sowie kosten- und arbeitsintensiven Erneuerungsmaßnahmen (PÖTSCH ET AL. 1997).

Ein sicheres Mittel, Schäden an Obstbäumen durch Engerlinge des Feldmaikäfers zu verhindern, ist das ganzflächige, dichte Abdecken der Obstanlage mit Netzen oder Vliesen. Die Preise dafür sind aber hoch: mindestens 2500 €/ha, die Kosten für Transport, Auslegen und Abnehmen nicht gerechnet (FRÖSCHLE & ALBERT 2004). FABER (1951B) berichtet von Bekämpfungsmaßnahmen gegen Engerlinge aus den 50er Jahren. In Maikäferflugjahren wurden großflächige Sammelaktionen durchgeführt, bei der 10 bis 40 Prozent, oder durch besonders intensives Besammeln 50 bis sogar 80 Prozent aller vorhandenen Käfer vernichtet wurden. Die Bekämpfung der Engerlinge selbst erfolgte durch das Einsammeln hinter dem Pflug (FABER 1951C). Auch Geräte mit starken Lichtquellen, die in der Dämmerung schwärmende Käfer anlocken, wurden als Bekämpfung gegen Engerlinge angewandt. Allerdings blieben diese mit oft sehr hohem Aufwand verbundenen Bekämpfungsversuche meist ohne Erfolg (FABER 1951B). Das Aussetzen von Fangpflanzen zwischen den zu schützenden Kulturen (z.B. Auspflanzen von Kartoffeln zwischen den Reben) führte mitunter zu erkennbaren Erfolgen, meistens ziehen die Engerlinge aber die zu schützenden Pflanzen den Fangpflanzen vor. Das Überfluten der befallenen Flächen ist nur schwer erfüllbar. Auch Vorbeugemaßnahmen wie die Umwicklung der Wurzelteile mit Drahtgeflechten oder die Verhinderung der Eiablage mit zum Beispiel Rohnaphthalin, Kalkstickstoff oder Kainit brachten keine Erfolge. Die erste sicher wirkende Bekämpfung der Engerlinge fand man in der Anwendung von Schwefelkohlenstoff (FABER 1951C).

Als vielversprechendste Engerlingsbekämpfung wurde in den 50er Jahren die chemische Maikäfer-Großbekämpfung mit Hilfe von Kontaktinsektiziden auf DDT-, Hexa- und Phosphorsäureesterbasis durchgeführt (FABER 1951B). Heute ist die gezielte Bekämpfung von Engerlingen mit Hilfe chemischer Mittel auf Basis von Chlorpyrifos schwierig, da diese im ÖPUL-Programm verboten sind (KOUTNY, persönliche Mitteilung). Allenfalls können diese Mittel auf Sportplätzen und anderen nicht landwirtschaftlich genutzten Grünflächen bei Einarbeitung in den Boden eingesetzt werden (STRASSER 2004A).

Zu den natürlichen Gegenspielern des Maikäfers und seiner Engerlinge zählen Bakterien, Rickettsien, Viren, Microsporidien und Nematoden. Die entomopathogenen Nematoden der Gattungen *Heterorhabditis* und *Steinernema* werden mit gutem Erfolg zur biologischen Bekämpfung von bodenbewohnenden Schadinsekten eingesetzt. Auch die Engerlinge einiger Blatthornkäfer (Scarabaeidae), wie z.B. des Gartenlaubkäfers (*Phyllopertha horticola*) und des Japankäfers (*Popillia japonica*), können im Freiland erfolgreich mit im Handel erhältlichen Nematodenpräparaten bekämpft werden. Dagegen sind diese entomopathogenen Nematoden gegen Engerlinge der Maikäfer (*Melolontha melolontha* und *M. hippocastani*) weitgehend unwirksam. Durch weitere Untersuchungen ist aber in Zukunft zu erwarten, dass auch gegen Maikäfer-Engerlinge wirksame Nematodenpräparate zur Verfügung stehen werden (BERNER & SCHNETTER 2004). Im Rahmen des EU-Projektes BIPESCO das viel versprechende Fadenwurmpräparat nema-top®, das seit 2001 in Österreich für die Anwendung im Obst- und Zierpflanzenbereich zugelassen ist, ausgetestet (STRASSER 2004A).

Der Pilz *Beauveria brongniartii* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) gilt als der wichtigste natürliche Feind des Feldmaikäfers, *Melolontha melolontha* L. (Coleoptera: Scarabaeidae). Er kommt in verschiedenen, vor allem älteren Populationen natürlich vor und führt gelegentlich zu seuchenhaftem Absterben der Engerlinge. Die Idee, ihn zur Engerlingsbekämpfung einzusetzen, wurde mit wechselndem Erfolg seit über 100 Jahren immer wieder aufgegriffen. Mit grundlegenden Arbeiten zur Anwendung dieses Pilzes wurde in den sechziger Jahren begonnen, nachdem in den meisten europäischen Ländern die wirksamen chlorierten Kohlenwasserstoffe verboten wurden (KELLER 2004A). Das Pflanzenschutzpräparat Melocont®-Pilzgerste dient zur nachhaltigen Bekämpfung von Maikäferlarven und wird in Österreich seit 1998 als vielversprechendes biologisches Pflanzenschutzmittel beworben und eingesetzt. Der Wirkungsmechanismus des Pflanzenschutzmittels beruht auf dem Pilz *Beauveria brongniartii*, der auf sterilem Gerstenkorn angezüchtet und in den Boden eingearbeitet wird (STRASSER 2004C).

Seit kurzem gibt es in Österreich auch das zugelassene Pilzpräparat GranMet®-P für die biologische Bekämpfung der Gartenlaubkäfer-Engerlinge im Grünland und auf Rasenflächen. Die Wirkung dieses Präparats beruht auf dem entomopathogenen Pilz *Metarhizium anisopliae*, der ähnlich wie die Melocont®-Pilzgerste durch Ablage von verpilzten Gerstenkörnern mittels einer Schlitzsämaschine auf mindestens 3 cm Bodentiefe ausgebracht wird.

Im Gegensatz zu chemischen Pflanzenschutzmitteln, wird bei Pilzpräparaten zu Beginn nur eine geringe Wirkung erzielt, die sich aber kontinuierlich durch seuchenhafte Verbreitung der Infektion steigert. Die Wirkung ist auf Jahre gesichert und sollte drei bis vier Maikäfergenerationen anhalten (STRASSER 2004A). Um einen natürlichen Schutz im Grünland aufbauen zu können, empfiehlt es sich, vor bzw. nach dem ersten Grasschnitt eine hohe Pilzdichte im Boden sicherzustellen (PÖTSCH ET AL. 1997).

C-3 Methodik

C-3.1 Befragungen und Betriebsbegehungen

Zur Ermittlung der geographischen Verbreitung der Engerlinge sowie des Ausmaßes der Engerlingsschäden bzw. deren Veränderungen seit dem Jahr 2000 wurden Befragungen in allen Bundesländern durchgeführt. Dazu wurden österreichweit an 74 Bezirksbauernkammern per e-mail Fragebögen zur Engerlingsproblematik versandt (siehe Anhang). Es wurde darauf hingewiesen, dass zur Komplettierung der Datensätze auch die Rücksendung von Leermeldungen wichtig wäre, falls im jeweiligen Bezirk keine Engerlingsprobleme aufgetreten waren. Weiters wurden Gespräche mit den Pflanzenschutzreferenten der Landes-Landwirtschaftskammern aller Bundesländer sowie mit einigen von dort empfohlenen Fachleuten (zB. von Maschinenringen) geführt.

Abgesehen von den Erkenntnissen bezüglich regionaler Verbreitung, Artzusammensetzung und schadensfördernder Umstände konnten auf diesem Wege weiterführende Kontakte geknüpft sowie von Engerlingen betroffene Betriebe für Betriebsbesuche gefunden werden.

In einem 1. allgemeinen Teil des Fragebogens wurden Informationen über das örtliche und zeitliche Auftreten der Engerlinge, deren Artzusammensetzung, das Ausmaß der geschädigten Kulturen, deren ökologisch und klimatische Bedingungen, Gegenmaßnahmen sowie Flughäufigkeiten des adulten Käfers eingeholt.

Im 2. spezifischen Teil wurde hinsichtlich Zeitpunkt, Schadverursacher, Schadausmaß, regionaler Verortung und betroffener Kultur auf konkrete Schadereignisse Bezug genommen.

In zwei anhand der vorangegangenen Fragebogenaktionen identifizierten Hauptschadensregionen, nämlich den Bezirken Murau/Judenburg und Weiz (Steiermark), wurden nach Empfehlungen von Herrn Ing. Günther Wagner und Herrn Ing. Engelbert Hierzer, Berater der jeweiligen Bezirksbauernkammern, je 2 repräsentative Landwirtschaftsbetriebe für Begehungen am 21. und 27.6.2007 ausgewählt.

Der dabei verwendete Betriebsfragebogen umfasste sowohl Informationen zum Betrieb und zur Wirtschaftsweise als auch persönliche Beobachtungen des Landwirtes, welche nach dem Schema des 1. Fragebogen erfragt wurden. Anschließend erfolgte mit dem Landwirt eine Begehung der betroffenen Einzelflächen. Häufigkeit und Zeitpunkt der Schäden sowie Schadstärke wurden genauso festgehalten wie eine detaillierte Schadstellenbeschreibung bezüglich Nutzung und Bodenfaktoren. Weiters wurden von den Projektbearbeitern selbst die jeweiligen Schadflächen beschrieben, fotografiert und mittels GPS vermessen, sowie über die Fläche verteilte Spatenproben zur Abschätzung der aktuellen Engerlingsdichte entnommen.

C-3.2 Erstellung der Karten

Die Darstellung der auf Basis der Fragebogenergebnisse erhaltenen Angaben zur Verbreitung und zum Schadausmaß der einzelnen Jahre erfolgte auf verschiedenen Kartenebenen.

In einem ersten Schritt wurden die Schadmeldungen auf Bezirksebene behandelt. Alle Bezirke, deren zuständige Bezirksbauernkammern Schadereignisse verzeichnet hatten, wurden in der Karte für das entsprechende Jahr farblich gekennzeichnet. Die Bezirke, die angaben, dass keine Engerlingsschäden aufgetreten waren, wurden mit jenen Bezirken zusammengefasst, die meldeten, dass ihnen keine Daten zu Engerlingsschäden vorlagen. Diese Vorgehensweise sollte die Übersichtlichkeit der Karten erhöhen und beruhte auf der Annahme, dass in Bezirken, in denen auf den Bezirksbauernkammern

keine Daten zur Thematik vorlagen, wirtschaftlich relevante Engerlings-Schadereignisse in den letzten Jahren unwahrscheinlich sind. Die Bezirke, die sich nicht zurückmeldeten, bildeten eine eigene Kategorie, da über sie keine Aussagen getroffen werden konnten.

Im zweiten Schritt wurden die Schadereignisse im Jahr 2003 auf Gemeindeebene behandelt. Das heißt alle Gemeinden, die entweder direkt in den Fragebögen genannt wurden oder in Regionen lagen, die laut den Bezirkskammern bzw. den Landeslandwirtschaftskammerreferenten im Jahr 2003 besonders stark betroffen waren, wurden markiert. Damit konnte eine genauere Eingrenzung der am stärksten betroffenen Gebiete erreicht werden. Die so definierten Hauptschadensgebiete wurden über die Bezirkskarte für das Jahr 2003 gelegt.

Die Hauptschadensgebiete wurden in der Folge auf entsprechendes Kartenmaterial projiziert, um den Einfluss von Klimaregion und Jahreswitterung auf die räumliche und zeitliche Verteilung von Engerlingsschäden interpretieren zu können.

Für die Beispielbezirke Murau und Judenburg wurden eigene Gemeindegarten erstellt, die die Ausbreitung der Engerlingsschäden vom Jahr 2002 auf 2003 veranschaulichen. Sie beruhen auf einer von Ing. Günther Wagner (Bezirkskammer Knittelfeld) zur Verfügung gestellten Datei, in der alle Betriebe verzeichnet sind, die in den jeweiligen Jahren Engerlingsschäden gemeldet hatten.

Zur räumlichen Darstellung der Trockenbedingungen wurden die Verhältnisse des Jahres 2003 verwendet. Hierzu wurden an 223 meteorologischen Stationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) aus den Tagesniederschlagsdaten die Summe vom 1. Jänner bis 29. August berechnet. Es wurde nicht der gesamte August verwendet, da die intensiven Niederschläge vom 30. und 31. August speziell im Süden das Ausmaß der Trockenheit verzerrt hätte.

Die Stationsdaten wurden in zwei Schritten in die Fläche interpoliert. Im ersten Schritt wurde die mittlere Seehöhenabhängigkeit des Niederschlages mittels linearer Regression bestimmt. Diese lineare Regression wurde auf ein digitales Höhenmodell mit 250 m Auflösung angewandt. Im zweiten Schritt wurde für jede Station die Abweichung von den mittels Höhenregression bestimmten Niederschlagswert berechnet. Diese Residuen wurden mittels Universal Kriging in die Fläche interpoliert und das Residuenfeld und das Seehöhenfeld addiert. Die Interpolation für die Klimanormalperiode 1961-1990 erfolgte mit der selben Methode.

C-4 Ergebnisse und Diskussion

C-4.1 Räumliches und zeitliches Auftreten von Engerlingsschäden von 2000 bis 2006

C-4.1.1 *Verbreitung der Engerlingsschäden österreichweit*

Von insgesamt 88 befragten Stellen (74 Bezirksbauernkammern, 14 Referenten der Landwirtschaftskammern) wurden 74 Antworten erhalten, was einem relativen Anteil von 84% entspricht. Davon enthielten 41 (55%) konkrete Angaben zu Schäden und deren Begleitumstände.

Während 2000 nur das südliche Vorarlberg (Bezirke Bludenz und Feldkirch) und 2001 das niederösterreichische Alpenvorland (Bezirk Wr. Neustadt) sowie Ostkärnten (Bez. Wolfsberg) durch Engerlingsschäden betroffen waren, nahm 2002 das Schadausmaß mit zusätzlichen Meldungen aus dem Drautal (Bez. Spittal/ Drau), den Niederen Tauern (Bez. Knittelfeld und Murau) und dem Salzkammergut (Bez. Gmunden) zu (siehe Abb. C-7). In Vorarlberg wurden in diesem Jahr keine Flächen in Mitleidenschaft gezogen.

2003 traten die meisten Schäden auf (siehe Abb. C-7 und C-8). Die befallenen Flächen erstreckten sich vor allem entlang des Alpenhauptkamms von Vorarlberg bis in die Steiermark (oberes Inntal, oberes Zillertal, Oberpinzgau, Talbecken des oberen Murtales). Zudem waren teilweise das steirische und südliche Vorland (Bezirke Voitsberg, Weiz und Hartberg), die Südhänge des Donautals im Mühlviertel (Bez. Eferding und Perg) und Tullner Feld (Bez. Tulln) als auch das Innviertel (Bez. Braunau) betroffen. In Kärnten waren im Drautal (Bez. Spittal/ Drau), Gailtal (Bez. Hermagor) sowie im oberen Lavanttal (Bez. Wolfsberg) Engerlingsschäden zu verzeichnen. In diesem Jahr gaben insgesamt 33 von 74 Bezirksbauernkammern Engerlingsschäden an, was einer Quote von 45% entspricht.

2004 fielen noch weite Teile des Alpenhauptkamms, des steirischen Randgebirges und Vorlandes, das Gailtal wie auch Innviertel, Flachgau und Bez. Melk in die Gebiete mit Engerlingsbefall (siehe Abb. C-8).

2005 und 2006 wurden nur mehr aus dem Süden Vorarlbergs sowie den Bezirken Schwaz und Kufstein (T), Kirchdorf/ Krems (OÖ) und Hermagor (K) Engerlingsprobleme gemeldet.

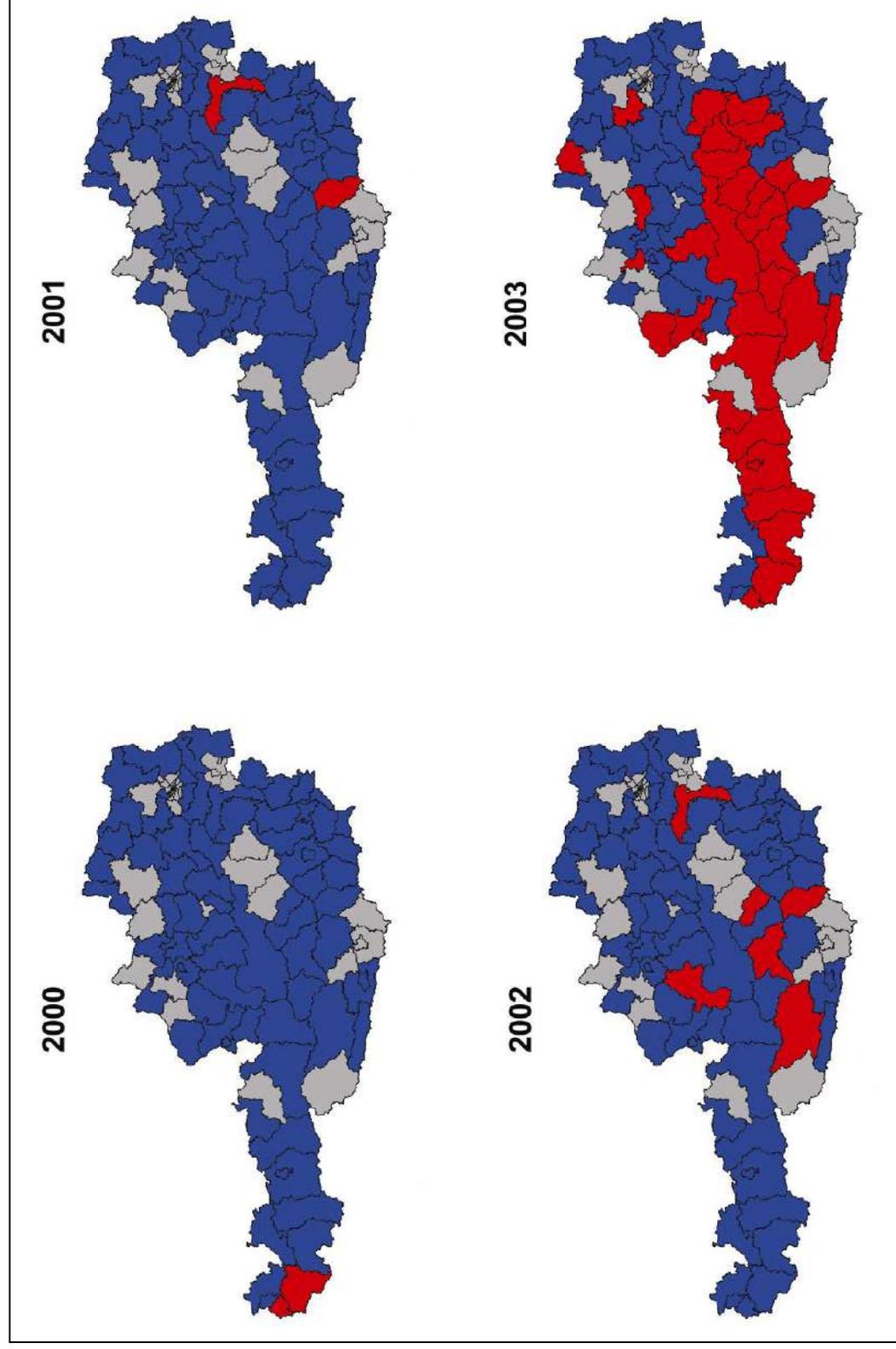


Abb. C-7: Die Abbildung zeigt von links oben nach rechts unten die von Engerlingsschäden betroffenen Bezirke in den Jahren 2000 – 2003. Mit Grau sind jene Bezirke ohne Rückmeldung gekennzeichnet, Blau zeigt Gebiete ohne Schäden oder mit fehlender Datenlage und mit Rot sind Bezirke mit Schadensmeldungen ausgewiesen.

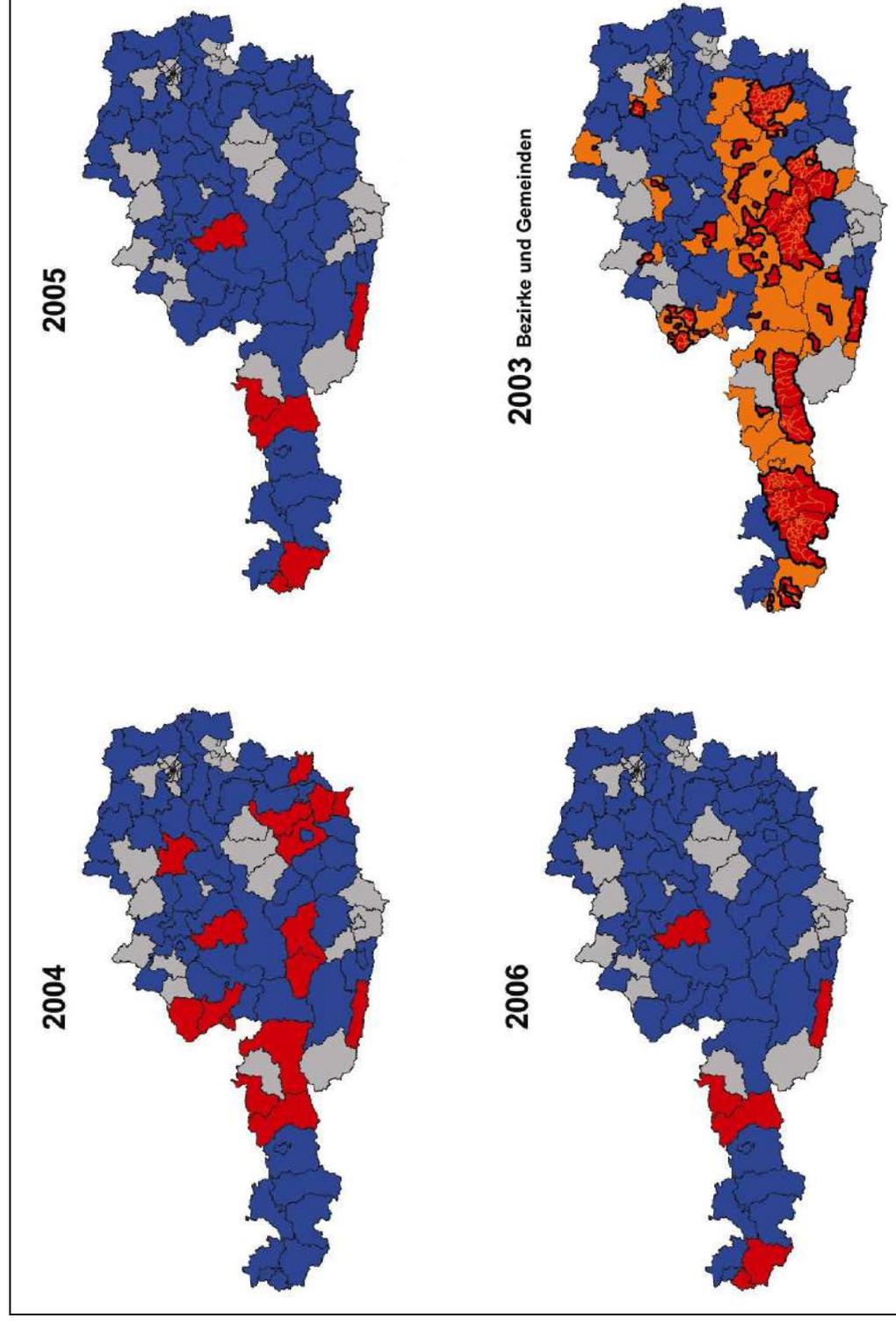


Abb. C-8: Die Abbildung zeigt die von Engerlingsschäden betroffenen Bezirke in den Jahren 2004 – 2006 und eine mit Schadensmeldungen auf Gemeindeebene ergänzte Karte von 2003 (rechts unten). Auf Bezirksebene sind Gebiete ohne Rückmeldung mit Grau, ohne Schäden oder mit fehlender Datenlage mit Blau und Schadgebiete mit Rot gekennzeichnet. Für das Jahr 2003 sind Schadgebiete auf Bezirksebene mit Orange und auf Gemeindeebene mit Rot dargestellt, wobei die Engerlingsschadgebiete auf Gemeindeebene durch dicke, schwarze Linien umrandet sind.

C-4.1.2 **Verbreitung der Engerlingsschäden in den beispielhaften Schadensgebieten Murau und Judenburg**

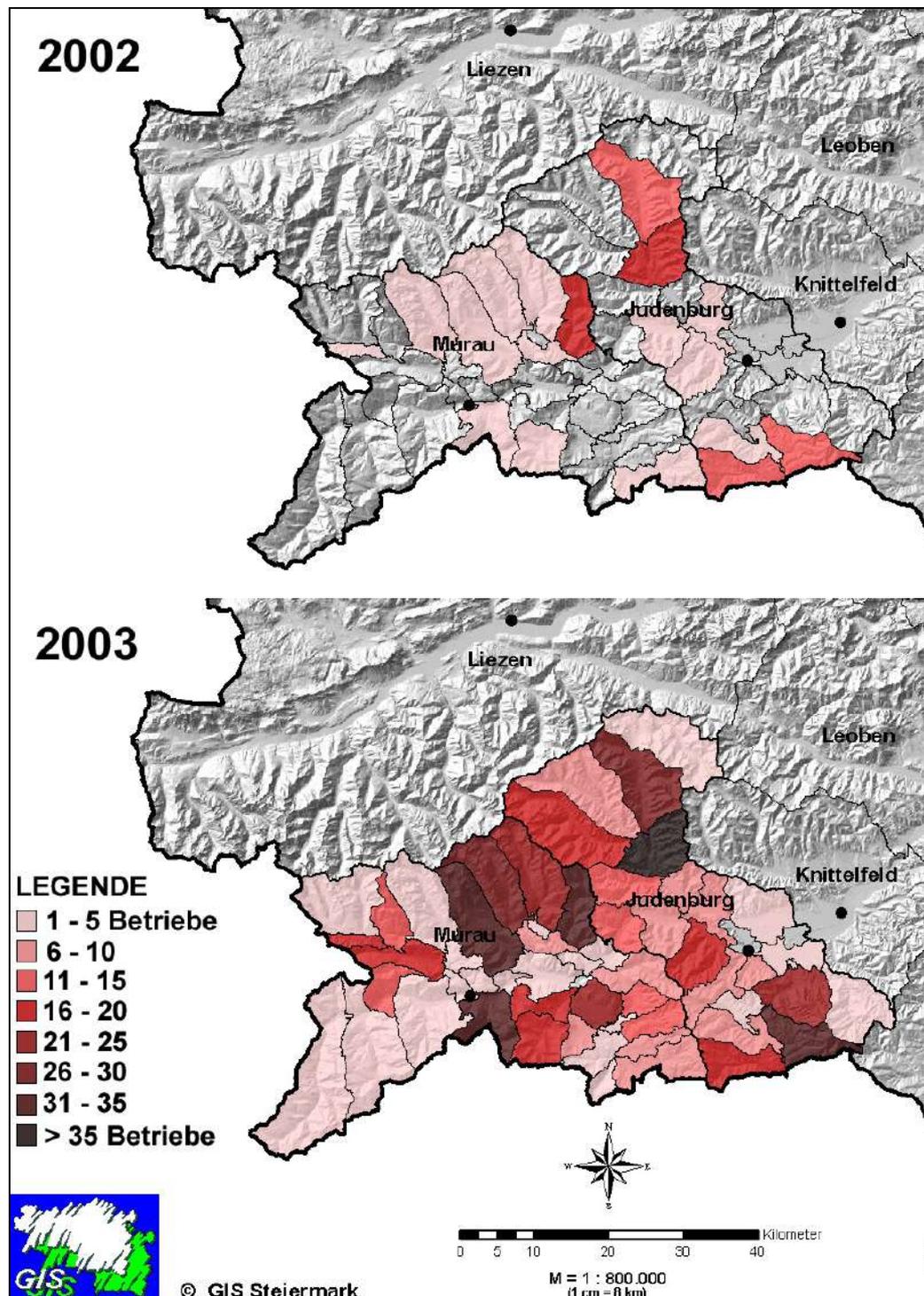


Abb. C-9: Die Gemeinden in den Bezirken Murau und Judenburg sind je nach Anzahl der Betriebe, die in den Jahren 2002 (oben) und 2003 (unten) Engerlingsschäden gemeldet hatten angefärbt. Die Darstellungen beruhen auf Daten, die von Herrn Ing. Günther Wagner von der Bezirkskammer Knittelfeld zur Verfügung gestellt wurden.

Auf der Grundlage der auf Betriebsebene vorliegenden Schadensmeldungen der BBK Murau für die Bezirke Murau und Judenburg aus den Jahren 2002 und 2003 konnte die Verteilung der Engerlingsschäden in der westlichen Obersteiermark in höherer Auflösung dargestellt werden. Aus der Abb. C-9 ist eine starke Zunahme der Engerlings-

Befallsflächen von 2002 (oberer Teil der Abb, C-9) auf 2003 (unterer Teil der Abb. C-9) ersichtlich, wobei eine Ausbreitung der Engerlingsschäden von Befallszentren in den Gemeinden Schönberg-Lachtal, St. Oswald, St. Johann sowie St. Anna und Amering am Südrand des Bezirks Judenburg auf die angrenzenden Gemeinden bzw. Flusstäler erfolgt zu sein schien.

Eine noch höhere räumliche Auflösung bis auf Verortung von Einzelbetrieben mit Angabe zur Höhe der Schadflächen für den Bezirk Murau ist in Abb. C-10 dargestellt. Die stärker betroffenen Betriebe mit geschädigten Flächen > 5 ha waren 2003 einerseits in der Region um Oberwölz und St. Peter am Kammersberg sowie andererseits in einem von den Gemeinden Zeutschach, St. Lorenzen b. Scheifling und Mühlen begrenzten Gebiet im Südosten des Bezirks konzentriert.

Die absolute Anzahl an Betrieben, die im Jahr 2003 Engerlingsschäden gemeldet haben nahm bis 1200 m Seehöhe tendenziell mit der Höhenstufe zu. Über 1200 m fiel sie wieder ab (< 900 m: 55 Betriebe; 901-1000 m: 64; 1001-1100: 93; 1101-1200: 113; > 1200 m: 70).

Der relative Anteil an Betrieben mit einer Schadfläche > 5 ha lag bei Seehöhen unter 900 m bei 9%. In den Höhenstufen 901-1000 m sowie 1001-1100 m stieg der Prozentsatz auf 19%. Mit steigender Seehöhe fiel die relative Anzahl von stärker geschädigten Betrieben wieder ab. So gaben bei Seehöhen von 1101-1200 m 16 %, ab 1200 m meldeten nur mehr 10% der Betriebe Schäden von mehr als 5 ha an. Die Anhäufung von großflächigen Schäden in einer Seehöhe von 901 bis 1100 m, deutet auf optimale Entwicklungsbedingungen für die Engerlinge im Jahr 2003 in dieser Höhenstufe hin.

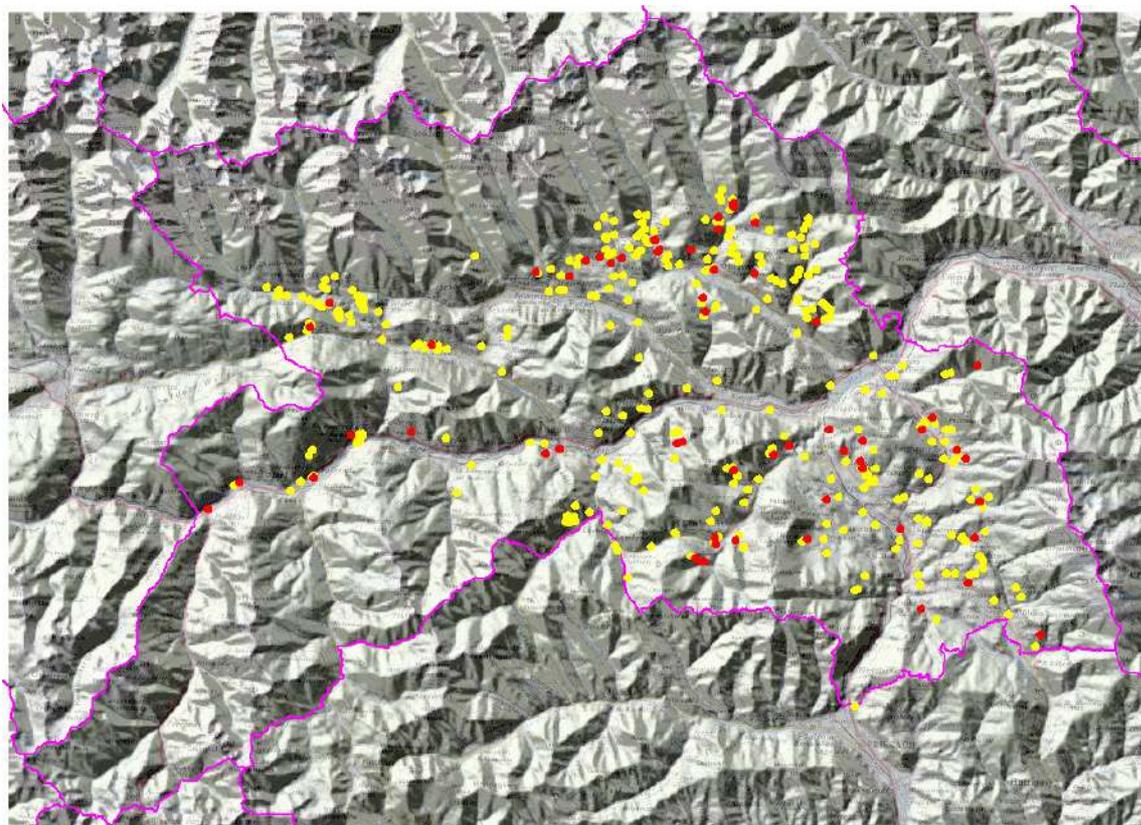


Abb. C-10: Alle Betriebe, die im Jahr 2003 Engerlingsschäden im Bezirk Murau gemeldet hatten, sind als Punkte eingetragen. Betriebe, die ≤ 5 ha Schadfläche gemeldet hatten sind gelb, Betriebe, die mehr als 5ha Schadfläche angegeben hatten, rot markiert. Die Darstellungen beruhen auf Daten, die von Herrn Ing. Günther Wagner von der Bezirkskammer Knittelfeld zur Verfügung gestellt wurden.

C-4.1.3 Verbreitung der Engerlingsschäden auf Beispielbetrieben

Um einen Einblick in die kleinräumige Verteilung von Engerlingsschäden unter dem Einfluß von Standorts-, Boden- und Bewirtschaftungsfaktoren gewinnen zu können, wurden vom Projektteam insgesamt vier ausgewählte Betriebe in den Bezirken Murau, Judenburg und Weiz besucht und die Verhältnisse vor Ort erhoben.

Die Beschreibungen der Bodenverhältnisse der aufgenommenen Flächen der jeweiligen Beispielsbetriebe stammen aus EBOD- DIE DIGITALE BODENKARTE.

Die Flächen am Betrieb in der Gemeinde **Heilbrunn** (siehe Abb. C-11) sind fast durchwegs steilhängige, ostexponierte, zum Teil auch nur leicht hängige kalkfreie Felsbraunerden, gebildet aus Hangschuttmaterial. Die stark humosen Böden werden aus lehmigem Sand oder sandigem Schluff mit geringem bis mäßigem Grobanteil gebildet. Die Bodenverhältnisse sind sauer bzw. schwach sauer. Die Wasserverhältnisse sind mäßig trocken bis trocken, es liegt eine hohe bis mäßige Durchlässigkeit vor. Zum Teil fließt das Niederschlagswasser, bedingt durch die steilen Hänge, auch rasch oberflächlich ab. Anhand der Bodeneigenschaften und der Inklination ließen sich die 2003 vom Engerling befallenen Flächen nicht von den ungeschädigten Flächen trennen. Allerdings wurde vom Landwirt beschrieben, dass die damals geschädigten Bereiche seltener bzw. nie mit Gülle gedüngt worden waren, da diese entweder an eine Straße angrenzten oder zu steil dafür waren. Ungedüngte Bereiche weisen oft Lücken der Grasnarbe auf, welche laut Literatur (PÖTSCH ET AL. 1997, BOCKSCH 2003) gute Eiablageplätze für die Käferweibchen darstellen.

Das Ausgangsmaterial aller Flächen am Betrieb in der Gemeinde **Gasen** (siehe Abb. C-12) bildet wie in Heilbrunn kalkfreie Felsbraunerde aus Hangschuttmaterial. Die stark humosen Böden bestehen aus lehmigem Sand oder sandigem Schluff mit geringem bis mäßigem Grobanteil. Die Bodenverhältnisse sind sauer bis stark sauer. Die Flächen sind zumeist mäßig trocken bis trocken und haben eine zumeist hohe bzw. mäßige Durchlässigkeit. Durch die starke Inklination kann das Niederschlagswasser auch oberflächlich abfließen. Alle Flächen waren Richtung Süden exponiert. Grundsätzlich war der ganze Betrieb 2003 durch Engerlingsschäden betroffen. Nur kleinere Flächenteile blieben von Engerlingsfraß mehr oder weniger verschont. Laut Landwirt wurden genau diese Bereiche ganzjährig beweidet. Dort wo im Frühjahr 2003 eine Schnittnutzung erfolgt war, waren die Engerlingsschäden am stärksten ausgeprägt. Die im Frühjahr gemähten Bereiche könnten im Gegensatz zu den beweideten Teilen den Käferweibchen gute Eiablageplätze geboten haben, da die Vegetationsdecke nach einem Schnitt niedrig und oft lückig ist. PÖTSCH ET AL. (1997) erwähnen auch, dass eine Beweidung die unter der Grasnarbe lebenden Engerlinge durch die Trittbelastung dezimieren kann.

Das Ausgangsmaterial der Flächen am Beispielbetrieb in der Gemeinde **Oberwölz** (siehe Abb. C-13) ist kalkhaltige Lockersediment-Braunerde und Pararendsina aus Kalkgestein oder Kalkkonglomerat bzw. fluvioglazialen Schottern und Sanden. Die 2003 geschädigten Flächen sind zum größten Teil trocken bis mäßig trocken mit hoher bis mäßig hoher Durchlässigkeit. Die Bodenart ist sandiger Schluff oder zum Teil lehmiger Sand mit zumeist mäßigem Grobanteil. Alle erhobenen Flächen des Betriebes sind nach Osten exponiert und mittel- bis stark humos. Der Boden reagiert neutral oder alkalisch. Grundsätzlich war der ganze Betrieb 2003 von Engerlingsschäden betroffen. Auffällig war, dass der untere, an eine Straße angrenzende Teil eines Schlages 2003 nur schwach geschädigt war, während der darüber liegende Teil einen starken Engerlingsbesatz hatte. Anhand der Bodeneigenschaften konnten die beiden Bereiche nicht voneinander getrennt werden. Der Landwirt gab allerdings an, dass im unteren Teil der Fläche der erste Schnitt früher stattgefunden hatte als oben. Ähnlich wie am Betrieb in Gasen war zum Zeitpunkt der Eiablage der Käfer, der obere, in der Folge stark geschädigte Bereich frisch gemäht und hatte einen dementsprechend niedrigen, lückigen Bestand.

Am Beispielbetrieb in der Gemeinde **Pusterwald** (siehe Abb. C-14) bildet kalkhaltige Felsbraunerde aus kristallinem Kalk oder aus Hangschutt das Ausgangsmaterial der 2003 durch Engerlinge beschädigten Flächen. Die durchwegs steilen (bis 48% Steigung), südwest exponierten Hänge sind mäßig trocken, zum Teil auch trocken und haben eine hohe bis mäßige Durchlässigkeit. Die Bereiche, die nicht von Engerlingsschäden betroffen waren, haben schwach vergleyte, kalkfreie braune Auböden aus vorwiegend feinem Schwemmmaterial und kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem und grobem Schwemmmaterial. Sie sind gut wasserversorgt, zum Teil durch mäßigen Grundwassereinfluss. Am ganzen Betrieb herrschen stark humose, schluffige oder lehmige Sandböden mit zumeist mäßigem Grobanteil vor. Der Boden reagiert neutral bis schwach sauer, wobei die nicht befallenen Flächen schwach sauer sind, die befallenen Flächen eher neutral. Auf diesem Beispielbetrieb war also eine Unterscheidung der Schadflächen von den nicht betroffenen Flächen anhand der Inklination und der Wasserversorgung gut möglich, wobei die steilen, warmen und trockenen Hänge vom Engerlingsfraß betroffen waren. Dies deckt sich mit den Angaben von BOCKSCH (2003) zu bevorzugten Eiablageplätzen der Gartenlaubkäferweibchen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Verhältnisse aller 2003 von Engerlingsschäden betroffenen Flächen, die während der Betriebsbesuche erhoben wurden, ähnlich waren. Wie bereits in der Literatur beschrieben (siehe Kap. C.2.4.), waren diese zum größten Teil steilhängige Flächen (bis zu 48 %, siehe Abbn. C-11 und C-14) in Richtung Süd oder Ost exponiert und den ganzen Tag von der Sonne beschienen. Die sandigen Böden mit hohem Humusgehalt weisen mäßig trockene bis trockene Wasserverhältnisse auf. Nur die Flächen, die nicht von den Engerlingsschäden betroffen waren, sind zum Teil gut mit Wasser versorgt. Auf den Betrieben, auf denen Bereiche mit und ohne Schäden nicht anhand der Bodeneigenschaften getrennt werden konnten, führten die Landwirte selbst den unterschiedlichen Engerlingsbefall ihrer Flächen auf unterschiedliche Schnittzeitpunkte und Gülledüngungsmengen zurück. Auf keinem der Betriebe konnte mit den Spatenproben Engerlinge gefunden werden. Diese Beobachtung entspricht der im Kapitel C-4.2 diskutierten Annahme, dass die Schäden im Jahr 2003 in diesen Gebieten hauptsächlich dem Gartenlaubkäfer zuzuschreiben sind. Da diese Art einen einjährigen Entwicklungszyklus vollzieht (siehe C-2.3.2), war zum Zeitpunkt der Betriebsbegehungen (21. und 27.6.07) noch kein oder nur ein geringer Engerlingsbesatz im Boden zu erwarten. Allgemein konnte die Verteilung der Schadflächen auf den Betrieben gut anhand der Ergebnisse aus der Literaturstudie interpretiert werden.

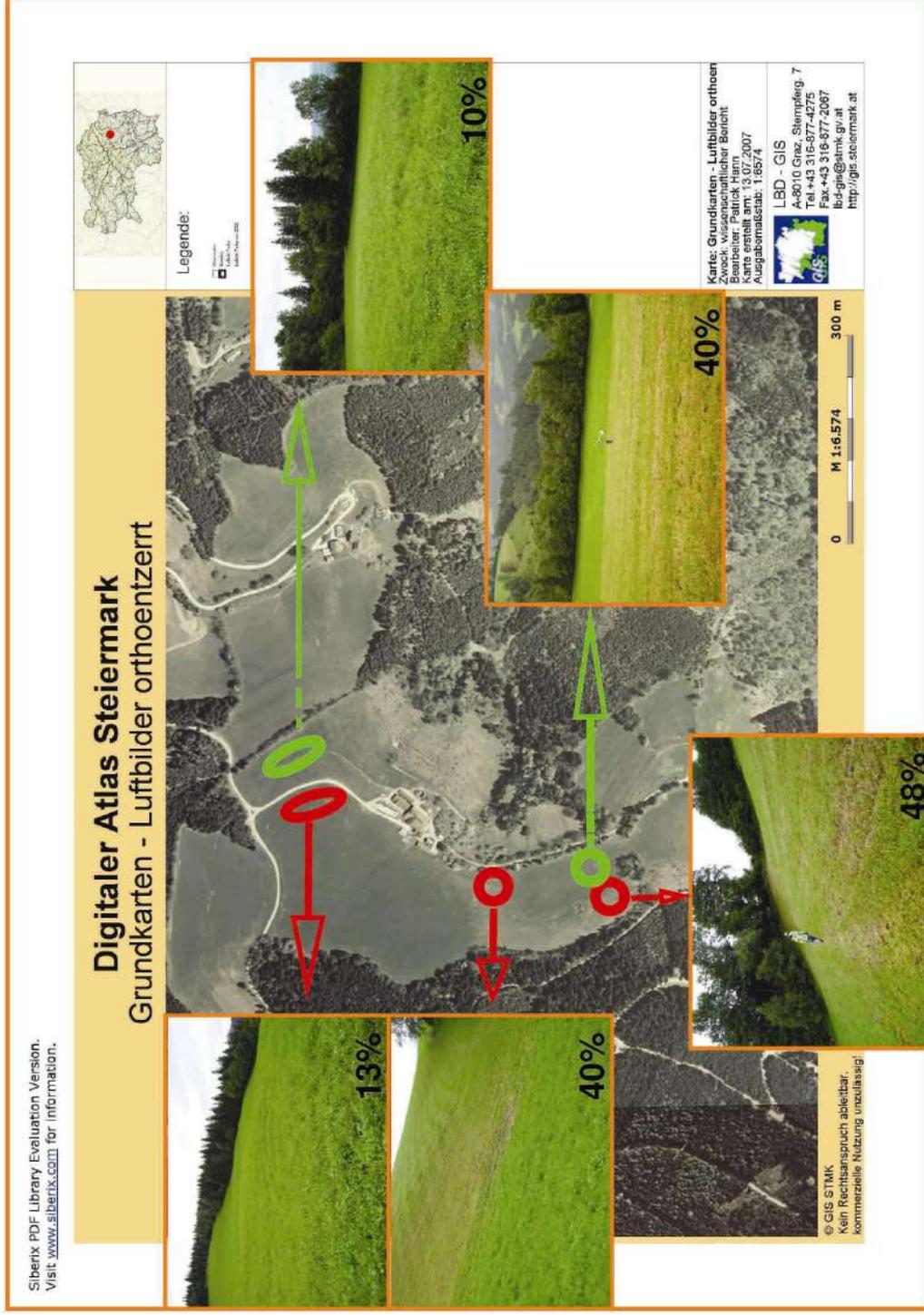


Abb. C-11: In der Abbildung sind alle Flächen des Beispielbetriebes in der Gemeinde Heilbrunn, die bei der Betriebsbegehung aufgenommen wurden, eingetragen. Flächen die im Jahr 2003 von Engerlingsschäden betroffen waren sind rot, Flächen ohne Schäden grün eingezeichnet. Die Inklination der jeweiligen Fläche ist in den Fotos der aufgenommenen Stellen eingetragen (Quelle: Digitaler Atlas Steiermark).

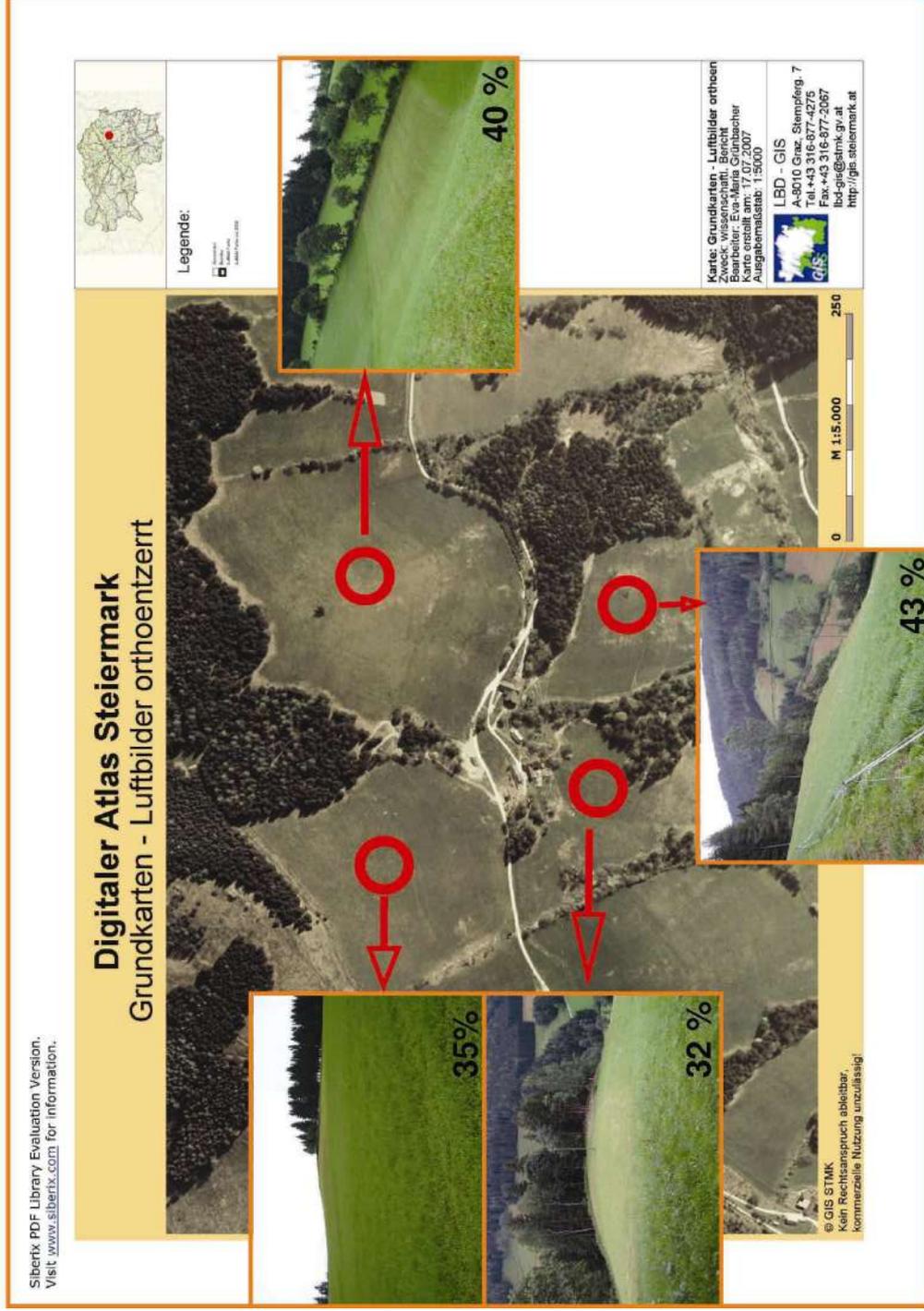


Abb. C-12: In der Abbildung sind alle Flächen des Beispielbetriebes in der Gemeinde Gasen, die bei der Betriebsbegehung aufgenommen wurden, eingetragen. Flächen die im Jahr 2003 von Engerlingsschäden betroffen waren sind rot eingezeichnet. Die Inklination der jeweiligen Fläche ist in den Fotos der aufgenommenen Stellen eingetragen (Quelle: Digitaler Atlas Steiermark).

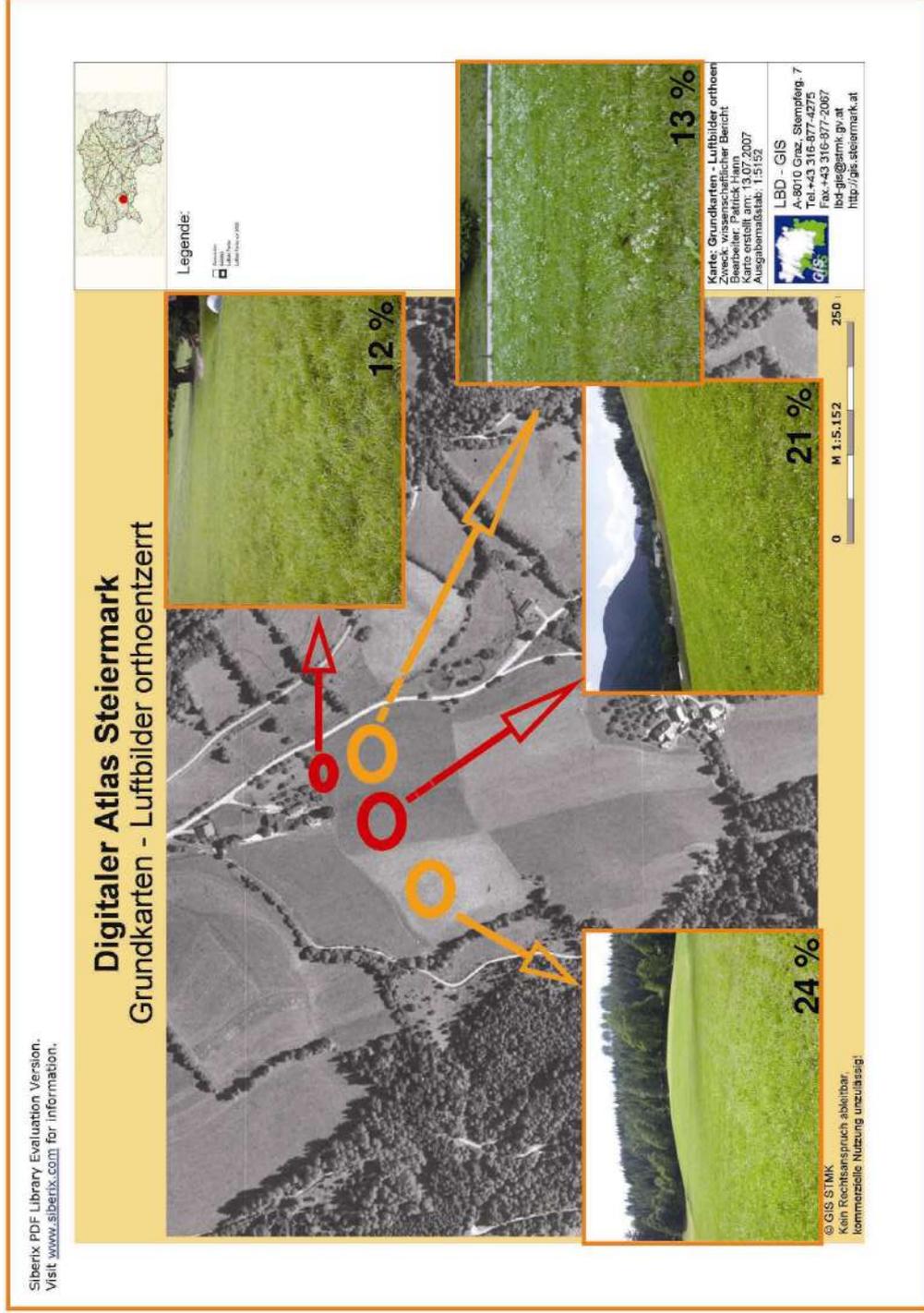


Abb. C-13: In der Abbildung sind vier von fünf Flächen des Beispielbetriebes in der Gemeinde Oberwölz, die bei der Betriebsbegehung aufgenommen wurden, eingetragen. Flächen die im Jahr 2003 von Engerlingsschäden stark betroffen waren sind rot, Flächen mit schwachen Schäden orange eingezeichnet. Die Inklination der jeweiligen Fläche ist in den Fotos der aufgenommenen Stellen eingetragen (Quelle: Digitaler Atlas Steiermark).



Abb. C-14: In der Abbildung sind alle Flächen des Beispielbetriebes in der Gemeinde Pusterwald, die bei der Betriebsbegehung aufgenommen wurden, eingetragen. Flächen die im Jahr 2003 von Engerlingsschäden betroffen waren sind rot, Flächen ohne Schäden grün eingezeichnet. Die Inklination der jeweiligen Fläche ist in den Fotos der aufgenommenen Stellen eingetragen (Quelle: Digitaler Atlas Steiermark).

C-4.2 Zusammensetzung und Verbreitung der Engerlingsarten

Im allgemeinen und speziellen Abschnitt des Fragebogens wurde nach der Artzugehörigkeit der Engerlinge und adulten Käfer gefragt. Von 74 Rückmeldungen wurden dazu in 36 Fragebögen Angaben gemacht.

Wie aus Abb. C-15 ersichtlich, waren Gartenlaubkäfer (*Phyllopertha horticola*) mit 36,2% und Maikäfer mit 39,7% die meist genannten Arten, gefolgt vom Junikäfer (*Amphimallon solstitiale*) mit 24,1%. Beim Maikäfer war mit 31% der gesamten Nennungen der Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha*) vorherrschend, während der Waldmaikäfer (*M. hippocastani*) nur mit 5,2% angegeben wurde. In 3,4% aller Nennungen wurde nicht zwischen Feld- und Waldmaikäfer unterschieden.

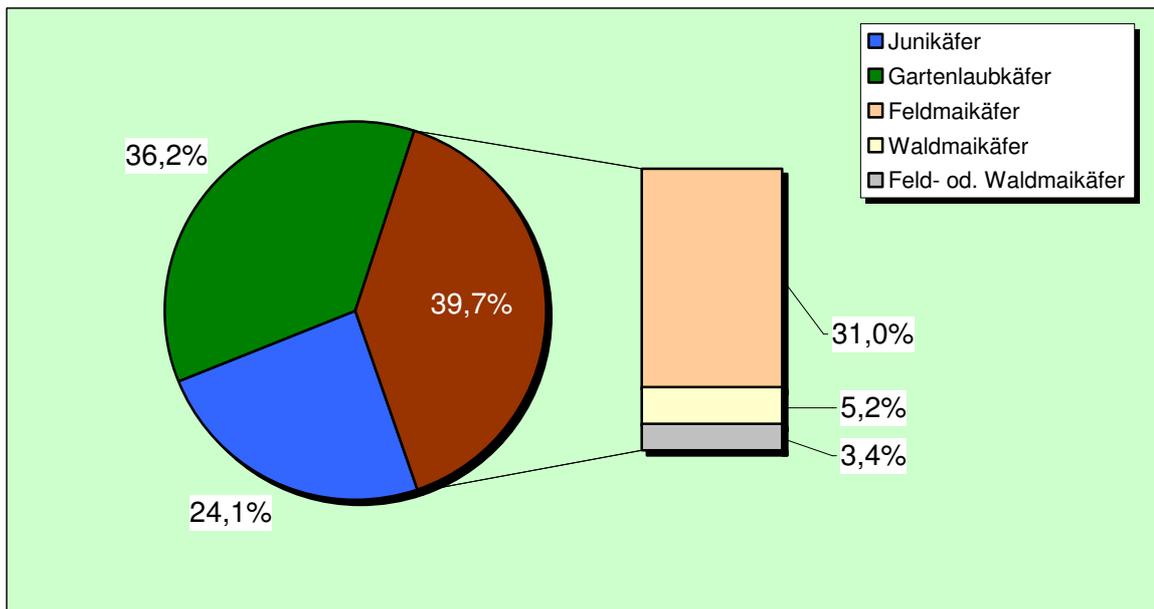


Abb. C-15: In der Graphik sind die relativen Häufigkeiten der in den Fragebögen genannten Engerlingsarten dargestellt.

Für das Jahr 2003 konnte nicht geklärt werden, welche Arten hauptsächlich für das massenhafte Engerlingsauftreten verantwortlich gemacht werden können. Wahrscheinlich ist, dass der Maikäfer nicht der Hauptverursacher gewesen sein dürfte. Dafür sprechen folgende Punkte:

Da die Angaben über die aufgetretenen Engerlingsarten aus den Fragebögen stammen, können diese nur mit Vorbehalt übernommen werden, da die Identifizierung der Engerlinge auf die Art schwierig ist. Überdies schienen Unsicherheiten bei der Unterscheidung zwischen Feld- und Waldmaikäfer auf oder es wurden keine Angaben dazu gemacht. Die getätigten Aussagen zu den Engerlingsarten bezogen sich vielfach auf Beobachtungen der leichter ansprechbaren Käfer, konkrete Bestimmungen von Engerlingen wurden nicht angegeben.

Da der Maikäfer in den österreichischen Schadgebieten mit großer Wahrscheinlichkeit regelmäßig alle drei bzw. vier Jahre auftritt, war es nach ZWEIGELT (1928, zitiert nach FABER (1961)) und FABER (1961) möglich, die Gebiete mit drei- bzw. vierjähriger Entwicklungsdauer zu ermitteln und zu kartieren und für die verschiedenen Schadgebiete die Jahre des Käferflugs, die sogenannten Hauptflugjahre sowie die darauffolgenden Engerlingsfraßjahre vorauszusagen. Die Ergebnisse der zehnjährigen Erhebungen in Österreich durch FABER wurden in einer Karte dargelegt (siehe Abb. C-5). Als Hauptschadensjahr der Engerlinge gilt das Jahr nach dem Flugjahr. Diese Jahre regionaler Populationen stimmen beispielsweise in den Bezirken Murau, Liezen, Judenburg, Knit-

telfeld (Flugjahr 2003 - Hauptschadensjahr **2004**) sowie Weiz (**2002**) als auch im oberen Inntal (**2002**) nicht mit der von FABER dargelegten Darstellung für das Jahr 2003 überein. Außerdem sind vielfach die bekannten Verbreitungsgebiete des Maikäfers (siehe Abb. C-5) nicht mit den 2003 von Engerlingsschäden betroffenen Gebieten (siehe Abbn. C-7 und C-8) in Deckung zu bringen.

Abgesehen von den eingangs erwähnten Vorbehalten hat die Anzahl der Nennungen in den Fragebögen nicht für den Maikäfer als Hauptverursacher der Schäden 2003 gesprochen. Da vor allem entlang des Alpenhauptkammes die massiven Engerlingsschäden im Jahr 2003 auftraten, sind sie dem Gartenlaubkäfer zuzuschreiben. Dafür spricht auch, dass der Maikäfer nur bis in Seehöhen von 1100m vorkommt. Die Schadensgebiete des Gartenlaubkäfers hingegen können bis in die höheren Regionen des Mittelgebirges (PÖTSCH ET AL. 1997) reichen. Typische Grünlandgebiete, in denen der Maikäfer-engerling vorkommen kann, blieben 2003 von Engerlingsschäden verschont (siehe Abbn. C-5 und C-17).

C-4.3 Ausmaß der betroffenen Schadflächen

Aus den Rückmeldungen der Fragebögen wurde das Gesamtausmaß der durch Engerlinge geschädigten Flächen seit dem Jahr 2000 addiert. Insgesamt ergab sich daraus österreichweit eine geschätzte Schadensfläche von über 14.800 ha, vorwiegend im Grünland (siehe Abbn. C-16 und C-17). Allerdings sind diese Angaben nur Schätzwerte und daher mit einer nicht näher bestimmbaren Ungenauigkeit behaftet. In vielen Fällen konnten keine oder nur grobe Angaben zum Ausmaß der Schadflächen gemacht werden, wahrscheinlich wurden Engerlingsschäden oft auch nicht als solche erkannt und daher nicht miterfasst. Vor allem in extensiver bewirtschafteten, zB. als „für den Naturschutz wertvolle Flächen“ nach ÖPUL deklarierten Grünlandflächen könnten Engerlingsschäden auf die Trockenheit zurückgeführt und dadurch verkannt worden sein.

Genau wie nach Trockenschäden wird eine von Engerlingen befallene Fläche braun. Engerlinge befressen die Wurzeln zum Teil derart stark, dass die Grasnarbe den Kontakt zum Boden verliert. Die Vegetation verdorrt und bei Bearbeitung der Flächen oder durch Beweidung beginnt die Wiesenfläche abzurutschen. Diese Schäden wurden möglicherweise bei der Fragebogenerhebung zu Trockenschäden und nicht zu Schäden durch Engerlinge gezählt, weshalb das im Rahmen des Projektes erhobene Schadensausmaß eher als konservativ eingeschätzt aufzufassen ist. So beziffern zB. KELLER & ZIMMERMANN (2005) in einem Übersichtsartikel über Engerlingsschäden in Mitteleuropa allein 31.000 ha als durch den Gartenlaubkäfer geschädigt, wovon der größte Anteil in Österreich liegen soll. Diese Zahlen sind allerdings nur als grobe Schätzungen zu sehen. Nach BUCHGRABER (FANK, mündl. 2005) sind in Österreich derzeit ca. 25.000 ha Grünland als durch Engerlingsschäden gefährdet einzustufen.

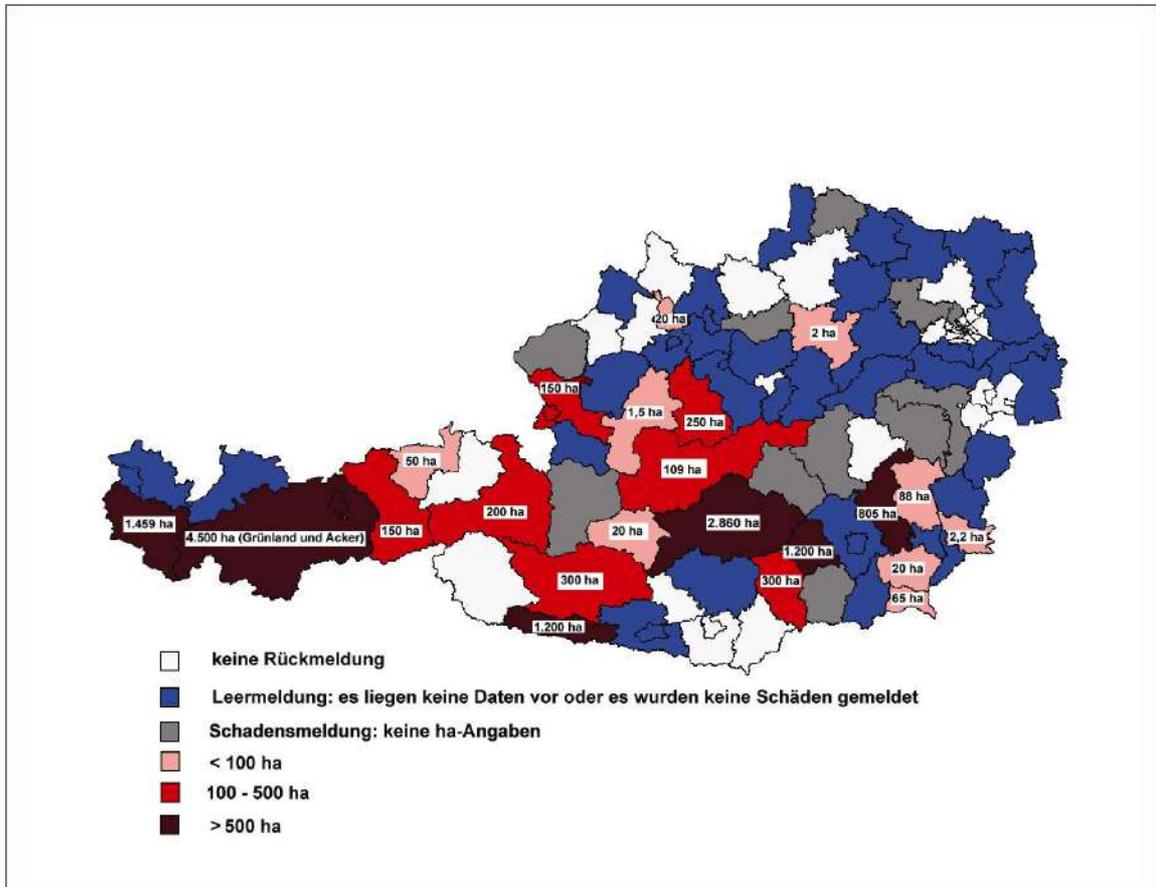


Abb. C-16: Ausmaß der geschädigten Grünlandflächen während der Jahre 2000-2006 auf Grundlage der Fragebogen-Rückmeldungen.

C-4.4 Einflussfaktoren auf die Engerlingsschäden

Im folgenden Berichtsteil werden die von den befragten Personen angegebenen Faktoren, die die Stärke von Engerlingsschäden beeinflussen, behandelt und mit den Angaben in der Literatur (siehe Kap. C.2.4. und C.2.5.) verglichen. Weiters wird die bundesweite und regionale, zeitliche und räumliche Verteilung von Engerlingsschäden vor dem Hintergrund dieser Einflussfaktoren diskutiert.

C-4.4.1 *In den Fragebogen-Rückmeldungen und Telefonaten genannte Einflussfaktoren auf die Engerlingsschäden*

In der Frage 9 des allgemeinen Fragebogens wurde nach Faktoren gefragt, die Engerlingsschäden beeinflussen bzw. fördern (siehe Anhang). Insgesamt machten 35 von 74 befragten Personen Angaben zu den Schadfaktoren. Die Ergebnisse sind in Tab. C-1 zusammengefasst, wobei jene Faktoren, die am häufigsten genannt wurden, rot hervorgehoben wurden.

Tab. C-1: Aus den Befragungen hervorgegangene, Engerlingsschäden fördernde Einflussfaktoren. In den Zellen sind die Häufigkeiten der fördernden Faktoren in % angegeben, bezogen auf die 35 Personen, die dazu Angaben machten (Anzahl der Nennungen in Klammer).

Faktoren	Häufigkeit	Kategorien	Häufigkeit
Temperatur (höhere Temperatur)	57,1 (20)	Witterung	85,7 (30)
Feuchteverhältnisse (trocken/ feucht)	51,4 (18)		
Südexposition (Sonnenseite)	17,1 (6)	Exposition	20 (7)
Hänge	5,7 (2)		
Keine Fraßfeinde (Krähen)	5,7 (2)		
Lückige Bestände	14,3 (5)	Vegetation	17,1 (6)
Kurzrasiger Bestand	2,9 (1)		
Alter der Kulturen	2,9 (1)		
Anlockung durch Vegetation (Lieblingsfraßpflanze, Blüte)	5,7 (2)		
Hecken, Waldränder (Inseleffekte)	2,9 (1)	Landschaftsstrukturen	8,6 (3)
Bodenversiegelung	2,9 (1)		
Bodenbearbeitung (Bodenvorbereitung allg.)	14,3 (5)	Bewirtschaftung	20 (7)
Schnittzeitpunkt	2,9 (1)		
Schlechte Bewirtschaftung (schlechter Düngungszustand)	5,7 (2)		
Geringe Düngung	2,9 (1)	Extensivierung	17,1 (6)
Geringe Beweidung	2,9 (1)		
Lange Brache	2,9 (1)		
Keine Fruchtfolge	2,9 (1)		
Unterlassen d. Stockschnittes	2,9 (1)		
Keine Bodenbewegung	2,9 (1)		
Keine chem. Mittel (in Bodenvorbereitung, Rückgang chlorierter Kohlenwasserstoffe)	5,7 (2)		
Bodentemperatur (höhere Bodentemp.)	8,6 (3)	Boden	42,9 (15)
Leichte, lockere, sandige Böden	11,4 (4)		
Seichtgründigkeit	11,4 (4)		
Kies-, Felsrücken, steinige Flächen	2,9 (1)		

Der Großteil der befragten Personen nannte Zusammenhänge zwischen Engerlingsschäden und der Witterung (85,7%), angeführt von der Temperatur (57,1%) und den Feuchtigkeitsverhältnissen bzw. der Trockenheit eines Standortes (51,4%). Eine große Bedeutung wird von den Befragten auch dem Boden (42,9%) zugesprochen. Parameter wie vor allem Bodentemperatur (8,6%), Bodenart (sandige Böden) und Seichtgründigkeit (mit jeweils 11,4%) sowie Störungen des homogenen Pflanzenbestandes zB. auf Kies-, Felsrücken oder steinigen Flächen sollen weiters den Engerlingsbefall fördern. Zusätzlich gehörten diverse Bewirtschaftungs- und Extensivierungsmaßnahmen (20 bzw. 17,1%), Charakteristika der Vegetation (17,1%) sowie die südliche Exposition eines Standortes (17,1%) zu den am häufigsten erwähnten Einflussgrößen.

Die in den Fragebogen-Rückmeldungen und Telefonaten genannten Einflussfaktoren auf die Engerlingsschäden bestätigen den Zusammenhang der Verbreitung und des massenhaften Auftretens der Engerlinge mit dem örtlichen Klima (siehe Kap. C.2.4.). SCHEERPELTZ (1950) zB. gibt an, dass hohe mittlere Jahrestemperaturen und geringere Niederschläge die Entwicklung der Maikäferengerlinge fördern, tiefe Temperaturen und große Niederschlagsmengen sie dagegen hemmen oder die Entwicklung unmöglich machen. Auch MILNE (1983) weist darauf hin, dass die Witterung ein wichtiger Faktor für Populationsschwankungen des Gartenlaubkäfers ist.

Aus der Literatur geht hervor, dass neben geeigneten klimatischen Verhältnissen die Bodenfaktoren für die Massenentwicklung der Engerlinge hauptverantwortlich sein dürften. Die Boden- und Grundwasserverhältnisse sowie das Mikroklima des Bodens beeinflussen zB. die Entwicklungsintensität der Engerlinge und das Eiablageverhalten der Maikäferweibchen (SCHEERPELTZ 1950). Auch die Angaben der Befragungen und die Ergebnisse aus den Betriebsbesuchen weisen darauf hin, dass bodenwarme und trockene Standorte günstig für die Entwicklung der Engerlinge sind, da deren ökologischen Bedingungen den physiologischen Ansprüchen der Käfer entsprechen. Von Engerlingsschäden betroffene Flächen lagen in allen Fällen auf süd- bzw. sonnseitigen Hängen, auf welchen eine erhöhte Sonneneinstrahlung und in Folge höhere Bodenerwärmung herrschte. Hanglagen, leichte (sandige) und seichtgründige Böden mit steinigen Kies- und Felsrücken tragen aufgrund ihrer drainagierenden Wirkung zur Trockenheit bei und fördern als maßgeblicher Schadfaktor die Entwicklung der Engerlinge.

Als engerlingsfördernde Faktoren wurden weiters gewisse Bewirtschaftungs- und Extensivierungsmaßnahmen genannt. Einige der befragten Personen wiesen zB. darauf hin, dass Flächen mit kurzrasigem Bestand oder lückiger Grasnarbe, die durch die extensivere Bewirtschaftung in steileren Hanglagen häufiger vorkommen, sowie leichte, lockere Böden bevorzugt von den adulten Käfern für die Eiablage gewählt werden. Dies könnte für das Vorkommen des Gartenlaubkäfers sprechen, der laut BOCKSCH (2003) zur Eiablage sandige Böden und trockene und sonnige Lagen mit Laubbäumen oder Sträuchern in der Nähe sucht.

Nach Aussagen einiger Befragter sollen gelbblühende Pflanzenartenverstärkt den Käfer anlocken. Die Pfahlwurzeln des Löwenzahns würden zudem bevorzugt von den Engerlingen gefressen.

C-4.4.2 In den Fragebögen genannte Maßnahmen gegen Engerlingsschäden

Im allgemeinen Teil des Fragebogens wurden unter Punkt 8 in der Praxis eingesetzte Maßnahmen gegen Engerlinge abgefragt.

Die in den Rückantworten am häufigsten genannten Bekämpfungsmethoden betrafen den Umbruch der Flächen mittels mechanischer Bodenbearbeitung (Fräse, Pflug, Grubber) und die anschließende Neuanlage bzw. Nachsaat des bestehenden Grünlands.

Weiters wurde die Behandlung gefährdeter und betroffener Flächen mit mikrobiellen (Melocont®-Pilzgerste) und chemischen Pflanzenschutzmitteln (zB. Agritox, Furadan) genannt.

Weitere Gegenstrategien umfassten Bewirtschaftungsmaßnahmen wie intensives Düngen zur Ausbildung eines dichten Pflanzenbestandes oder die Beweidung infolge der besonders bei mit engem Abkoppeln verstärkten Trittwirkung auf die Engerlinge.

Die Abstimmung des Schnittzeitpunktes auf den Entwicklungszyklus des Käfers wurde als weitere vorbeugende Maßnahme angeführt. Da nach einer Schnittnutzung die kurzen, oft lückigen Bestände gute Eiablageplätze bieten, sollte ein Schnitt erst nach dem Flug des Käfers stattfinden (PÖTSCH ET AL. 1997).

Fraßfeinde wie Schwarzwild, Dachs oder Krähe können Engerlingspopulationen dezimieren andererseits aber durch ihre Grabetätigkeit Sekundärschäden verursachen.

C-4.5 Der Zusammenhang zwischen klimatischen Faktoren und der zeitlich-räumlichen Verbreitung von Engerlingsschäden 2000 – 2006

Wie aus der Literatur und den Rückantworten der Fragebögen hervorgeht, spielen klimatische Einflussfaktoren eine wesentliche Rolle beim Auftreten von Engerlingen und deren Fraßschäden. Als Indiz dafür wird auch der Umstand gewertet, dass sich die Schadgebiete im Hauptschadensjahr 2003 nicht mit der Grünlandverteilung in Deckung bringen lassen. Wie aus der Abb. C-17 ersichtlich ist, blieben die klassischen Grünlandgebiete in weiten Bereichen nördlich des Alpenhauptkamms sowie im Mühl- und Waldviertel mehr oder weniger von Engerlingsschäden verschont.

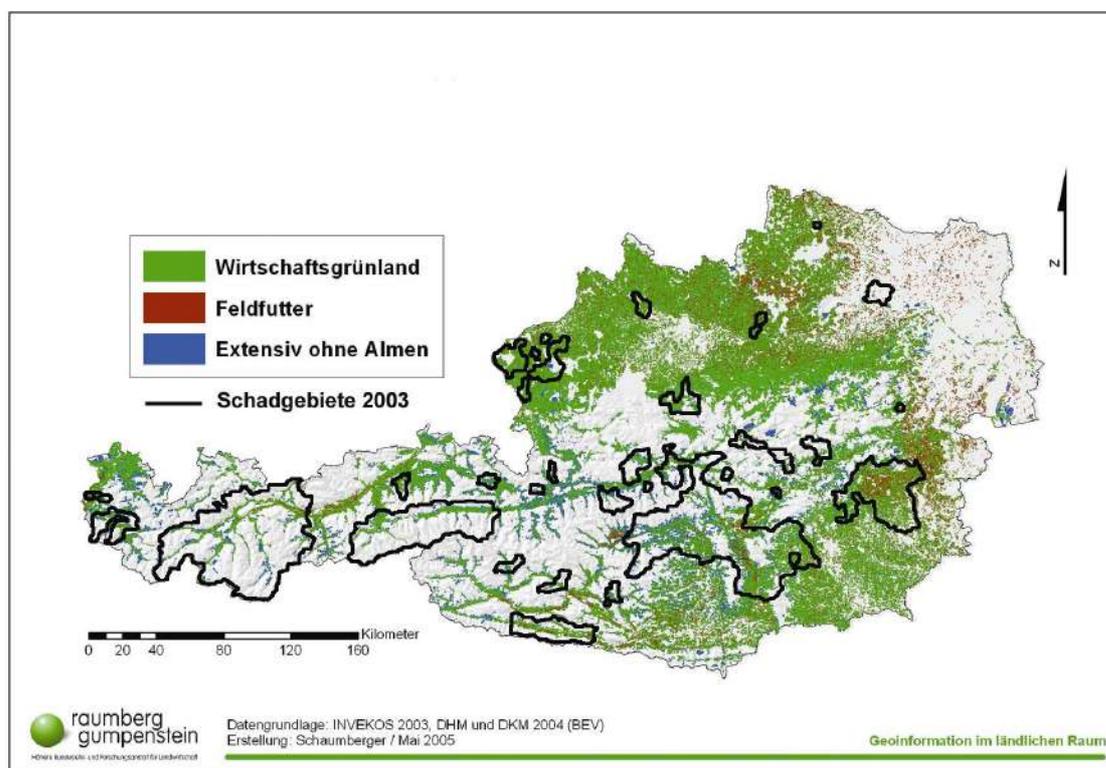


Abb. C-17: Die Karte zeigt die auf die Grünlandverteilung in Österreich (SCHAUMBERGER 2005) projizierte geographische Verteilung der 2003 von Engerlingen geschädigten Gebiete (schwarz umrandet). Die Unterteilung des Grünlands ist farbig hervorgehoben: Wirtschaftsgrünland (grün); Feldfutterflächen (braun); extensiv genutzte Flächen ohne Almen (blau).

Nachdem aber südlich des Alpenhauptkammes größere Grünlandgebiete, vor allem der Steirischen Randgebirge, 2003 sehr stark von Engerlingsschäden betroffen waren, werden im folgenden die Klimaregionen der Steiermark charakterisiert und in Bezug auf die klimatischen Voraussetzungen für die Massenentwicklung von Engerlingen bzw. deren Schadensverbreitung im Jahr 2003 genauer beschrieben. In Abb. C-18 sind die Klimaregionen der Steiermark mit den Hauptschadensgebieten 2003 überlagert.

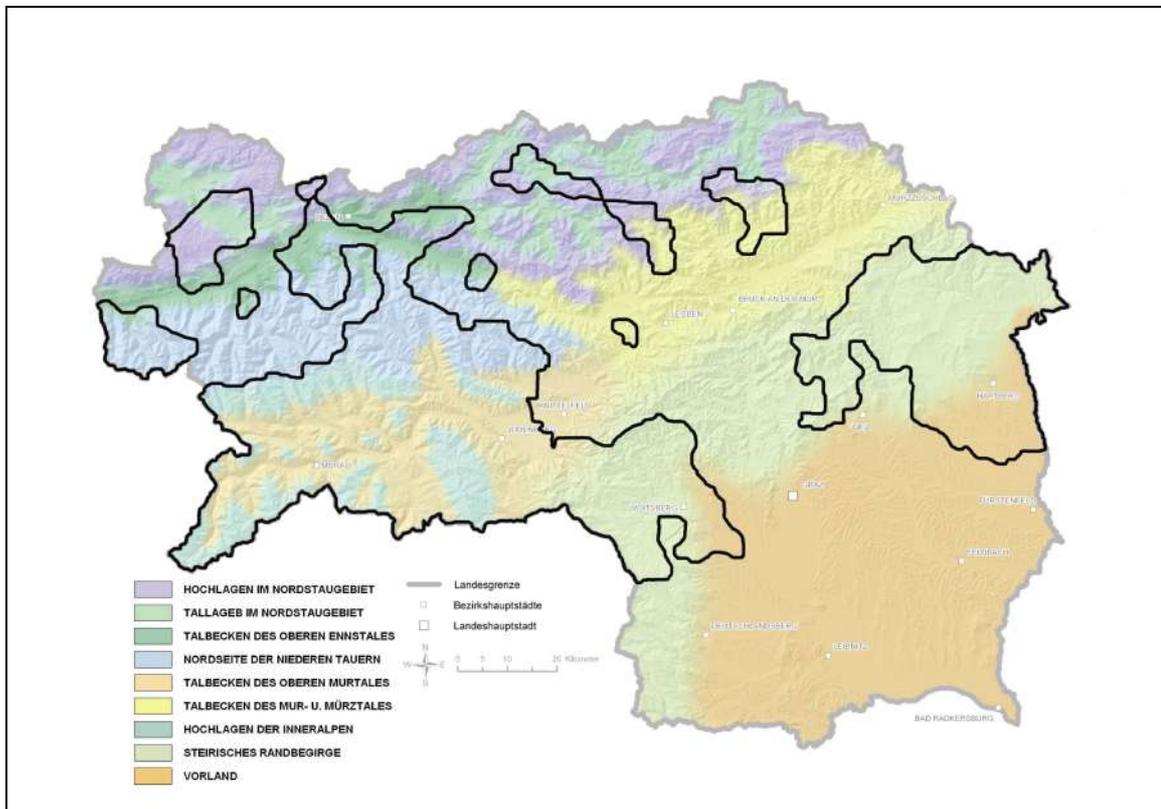


Abb. C-18: Klimaregionen der Steiermark, überlagert von den Engerlings-Schadgebieten 2003 (schwarz umrandet). Die klimatischen Zonen sind wie folgt unterteilt: Hochlagen im Nordstaugebiet (lila), Tallagen im Nordstaugebiet (grün), Talbecken des oberen Ennstales (dunkelgrün), Nordseite der Niederen Tauern (blau), Talbecken des oberen Murtales (orange), Talbecken des Mur- und Mürztales (gelb), Hochlagen der Inneralpen (blaugrün), steirisches Randgebirge (hellgrün), Vorland (dunkelorange). (Quelle: KLIMAATLAS STEIERMARK; Kartengrundlage: GIS Steiermark, BEV; thematische und kartographische Bearbeitung: M. KROBATH, H. WAKONIGG).

Die im folgenden beschriebenen Angaben zu den Klimaregionen wurden aus KLIMAATLAS STEIERMARK und SCHULATLAS STEIERMARK entnommen.

Wie aus Abb. C-18 ersichtlich ist, umfasste das Engerlings-Schadgebiet das gesamte **obere Murtal** (orange eingefärbt in Abb. C-18) und die **Hochlagen der Inneralpen** (blaugrün). Im oberen Murtal wirkt sich die Abschirmung gegenüber dem Fremdwetter aus Westen bis Norden markant aus, während Fremdwettereinflüsse aus Süden und Südosten bereits deutlich wirksam sind. Der Klimacharakter kann deshalb als relativ niederschlagsarm und sonnenscheinreich beschrieben werden. Das nur mäßige Temperaturniveau des Sommers ist eine Folge der Seehöhe. Bezogen auf die jeweilige Seehöhe herrscht jedoch in den Hochlagen ein vergleichsweise hohes Temperaturniveau („inneralpine Überwärmung“) als Folge starker Einstrahlung auf hoch gelegene Flächen bei geringer Bewölkung. Aus diesem Grund ist auch die Waldgrenze mit weithin 2000m relativ hochgelegen

Des weiteren zählen große Teile des **oberen Ennstales** (dunkelgrün) und der Nordseite der **Niederen Tauern** (blau) zu den geschädigten Bereichen. Das im Lee der Nördlichen

Kalkalpen gelegene obere Ennstal zeichnet sich durch ein wenig sommerwarmes Talbeckenklima aus. Die Niederschlagshäufigkeit ist gegenüber dem Nordstaugebiet nur wenig verringert, während die Niederschlagsmengen deutlich unter den Werten im Nordstau bleiben. Die Nordseite der Niederen Tauern (blau) zeigt gegenüber den Nordstaugebieten ein günstigeres Klima mit nach oben verschobenen Höhengrenzen, deren abgeschwächte Wirkung des Fremdwetters sich in geringeren Niederschlagsmengen äußert, kaum jedoch in geringeren Niederschlagshäufigkeiten („sekundäres Staugebiet“).

Etwa die Hälfte des **steirischen Randgebirges** (hellgrün), welches unter südlichem und südöstlichem Fremdwettereinfluß steht, gehörte zu den Problemgebieten. Vor allem das oststeirische Randgebirge an der Grenze zum Burgenland präsentiert sich neben den inneralpinen Tälern des oberen Murtales und seiner Nachbartäler als niederschlagärmste Zone.

Im **unteren Mur- und Mürztal** (gelb), im **steirischen Alpenvorland** (dunkelorange) sowie in den **Hoch- und Tallagen des Nordstaugebietes** (lila und grün) wurde 2003 nur vereinzelt Engerlingsbefall gemeldet. Das Mur- und Mürztal weist ein Übergangsklima auf, das eine Zwischenstellung zwischen den Klimaten des oberen Enns- und des oberen Murtales einnimmt, mit von Südwesten nach Nordosten (taleinwärts entlang der Mürz) bzw. mit Annäherung an das Nordstaugebiet ansteigenden Niederschlägen. Das mäßig kontinentale Vorland mit großen Temperaturunterschieden zwischen Sommer und Winter kann als sommerwarm beschrieben werden. Die Niederschläge nehmen von Südwesten nach Nordosten ab und sind zu einem Großteil an Wetterlagen mit Feuchtigkeitzufuhr aus Süden bis Südosten gebunden. Die Nordstauregion empfängt alle Fremdwetterentwicklungen aus westlichen bis nördlichen Richtungen (vielfach sehr feuchte Luftmassen meist atlantischer Herkunft) ohne Abschwächung durch große vorgelagerte Gebirgsketten. Im Nordstaugebiet entwickelt sich daher ein sehr niederschlagsreiches, kühles, oft rauhes Gebirgsklima.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die Schäden 2003 im Westen und Osten der Steiermark, überwiegend auf von Fremdwetter abgeschirmte Bereiche, relativ milden, niederschlagsarmen Klimatas (oberes Murtal, Hochlagen der Inneralpen, steirisches Randgebirge) konzentrierten. In den Hochlagen sorgt die starke Einstrahlung bei geringer Bewölkung für ein hohes Temperaturniveau („inneralpine Überwärmung“). In diesen Gebieten führen vermutlich engerlingsfördernde Bedingungen mit höherer Temperatur und geringerem Niederschlag dazu, dass sich auch in feuchteren Jahren ein relativ hohes Populationsniveau halten kann. Dieses hätte dann in einem klimatisch günstigen „Engerlingsjahr“ die Möglichkeit, sich massiv auszubreiten. Das obere Ennstal beispielsweise würde hingegen mit dem im Schnitt zu kühlen und niederschlagshäufigen Witterungscharakter keine optimalen Entwicklungsbedingungen für den Käfer liefern und daraus folgend nur ein niedrigeres Niveau der Ausgangspopulation ermöglichen.

Die Tieflagen der Steiermark blieben 2003 vielfach vom Engerling verschont. Eine Ursache könnte die geringe Inklination im steirischen Vorland sein. Nachdem der Maikäfer ein Hauptverbreitungsgebiet im steirischen Vorland hat, würde die weiter oben diskutierte zeitliche Diskrepanz zwischen Maikäferschadjahr und Schädlingsjahr 2003 ein Ausbleiben der Schäden im Flachland erklären (siehe Abb. C-5). Für den als Hauptverursacher der Engerlingskatastrophen im Jahr 2003 vermuteten Gartenlaubkäfer könnten die Bodenverhältnisse im steirischen Vorland in diesem Jahr bereits zu trocken für eine erfolgreiche Entwicklung gewesen sein, wie auch sein Hauptverbreitungsgebiet in höheren Lagen liegt als das der Maikäfer. Riedel-, Kuppen- und Hügelgebiete sind geländeklimatisch thermisch begünstigt. So zeigen beispielsweise Schadgebiete bei Hieflau, welche im rauen und niederschlagsreichen Nordstauklima liegen, dass mildere Höhenstufen über den kalten Tallandschaften (vergleichbar mit Standorten im Randgebirge und Vorland) den Engerling stellenweise begünstigen könnten.

Im übrigen Österreich waren die Schadgebiete 2003 auf klimatisch ähnliche Regionen wie den oben aus der Steiermark beschriebenen beschränkt (Quellen der Klimaangaben: KLIMATOGRAPHIE VON ÖSTERREICH ;BIODIV; BECHERER ET AL. 1976).

Die Schadgebiete im Bereich des **oberen Inntals** sind durch die über 800 m gelegenen Tallagen sowie durch die Leewirkung des vorgelagerten Arlbergs und der Lechtaler Alpen thermisch begünstigt.

An der windzugewandten Seite der Nordstaulagen kommt es zu ergiebigen Steigungsregen, wodurch die abgewandten **inneralpinen Längstäler** und die **Beckenlagen** im Regenschatten liegen und sich dort lokal ausgesprochene Trockengebiete ausbilden können. So ist der Nordabfall der nördlichen Kalkalpen mit rund 1800mm/Jahr sehr niederschlagsreich, das obere Inntal hingegen mit Niederschlägen von nur 600mm/Jahr durch sehr trockene Bedingungen geprägt, welche sich weit in die großen Seitentäler (zB. das **Zillertal**) hineinziehen.

Auffällig ist 2003 die Ähnlichkeit der Schadgebiete im **Süden Vorarlbergs** (Klostertal, Walgau), dem oberen Inn- und Zillertal sowie dem **oberen Pinzgau** mit den an der Alpensüdseite verlaufenden Regionen starken und häufigen Föhnauftretens. Diese Fallwinde erwärmen sich um 1 °C/100m und trocknen dabei ab.

Auch die teilweise geschädigten Gebiete der südexponierten **Abhänge der Donau** durch das Mühl- und Waldviertel (z.B. Sauwald) zeichnen sich aufgrund ihrer windgeschützten, sonnigen Lage durch ein mildes Klima aus. Die Inklination und die geringen Niederschläge sorgen zusätzlich für trockene Bedingungen.

Die Karte der Abb. C-19 zeigt für das Jahr 2003 eine Zonierung unterschiedlich starker Temperaturabweichungen vom langjährigen Durchschnitt in Österreich.

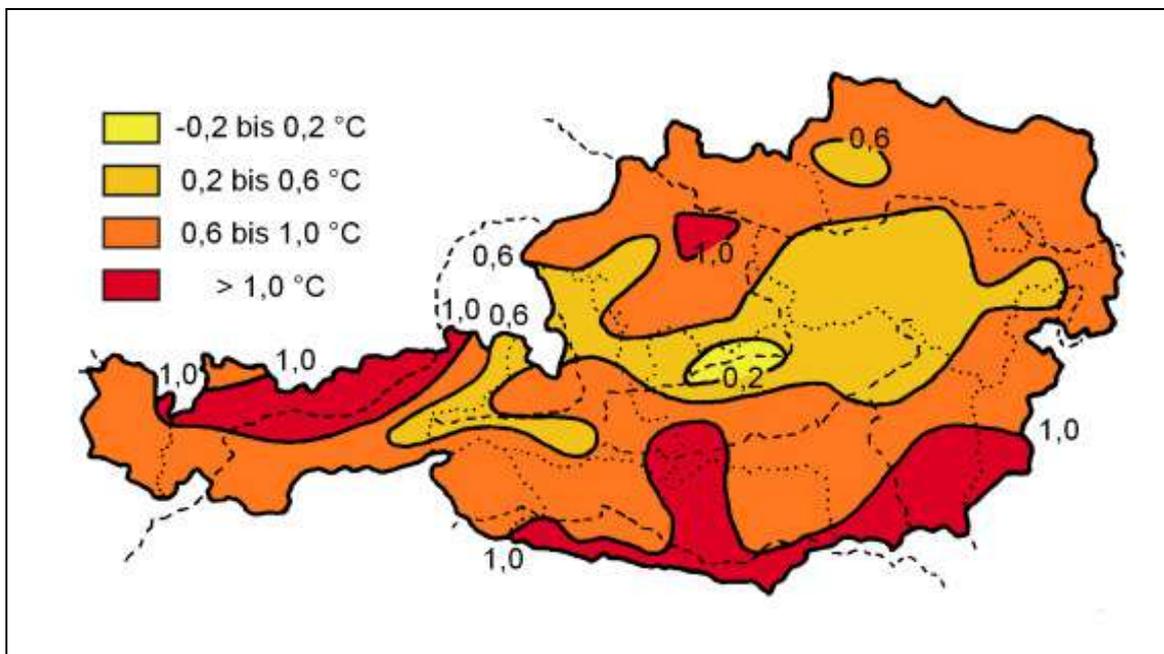


Abb. C-19: Relative Temperaturabweichungen des Jahres 2003 vom langjährigen Mittel. Legende: Gelb = -0,2 bis 0,2 °C; Orange = 0,2-0,6 °C; Dunkelorange = 0,6-1,0 °C und Rot = >1,0 °C (Datenquelle: ZAMG).

Daraus ist ersichtlich, dass die Temperaturabweichungen im Hitze- und Dürrejahr 2003 mit über 1 °C am stärksten in Nordtirol, der Welser Heide, dem steirischen Alpenvorland, den Karnischen Alpen und Karawanken (Südkärnten) sowie den daran anschließenden Gurktaler Alpen und dem oberen Murtal ausfielen. Von Salzburg ausgehend bis ins niederösterreichische Alpenvorland bewegten sich die Abweichungen von -0,2 bis 0,2 in

Bereichen des langjährigen Durchschnitts. Das übrige Gebiet Österreichs wies 2003 Temperaturanomalien von 0,6 bis 1 °C auf.

Die beiden Abbn. C-20 und C-21 veranschaulichen einerseits einen Vergleich der mittleren Monatstemperaturen (rote Balken) zum 30-jährigen Mittel (schwarze, horizontale Linie) der Beispielregionen Zell am See und Bezirk Murau (Stolzalpe), andererseits werden die einzelnen Jahre bezüglich ihrer monatlichen Durchschnittswerte einander gegenübergestellt. Als Quelle der erstellten Graphiken dienen die Jahrbücher der Klimastationen bzw. die langjährigen Klimadaten der ZAMG.

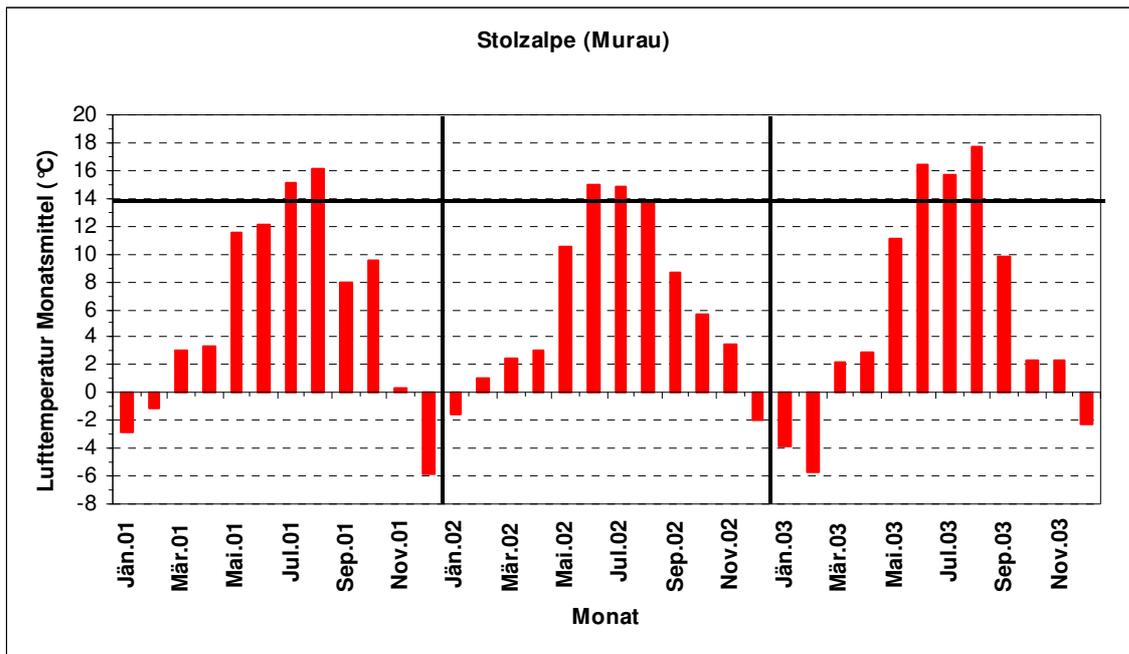


Abb. C-20: In der Abbildung sind mit roten Balken die von der Klimastation Stolzalpe (Murau) erhobenen Durchschnittstemperaturen (Ordinate) der jeweiligen Monate in den Jahren 2001, 2002 und 2003 (Abszisse) dargestellt. Die schwarze, horizontale Linie verdeutlicht auf einem Niveau von 14,1 °C das 30-jährige (1971-2000) Temperaturmittel des wärmsten Monats in dieser Region (Juli).

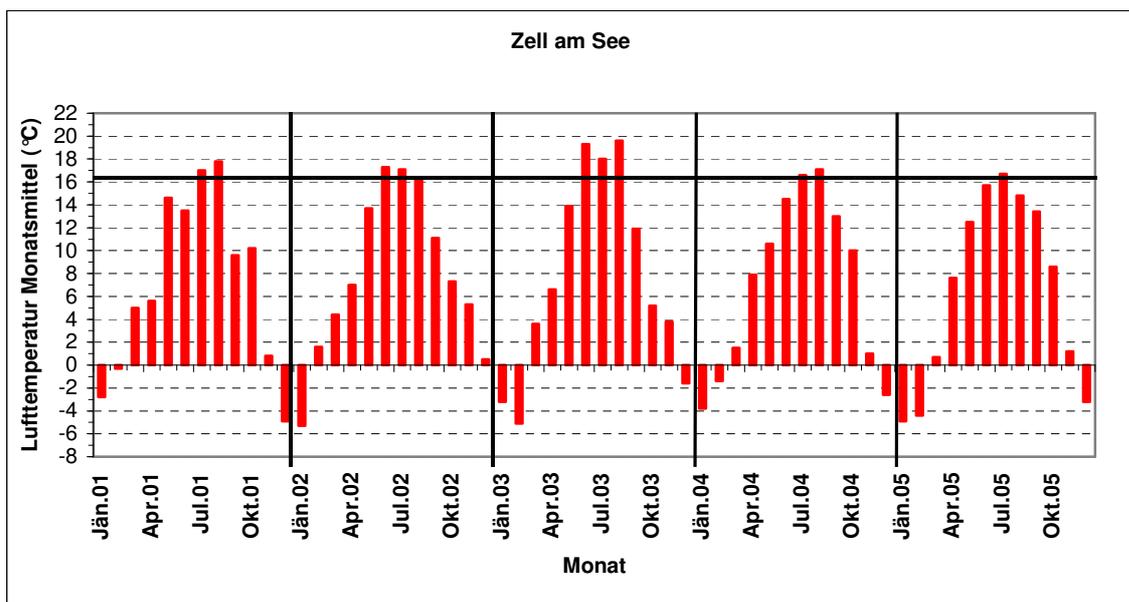


Abb. C-21: In der Abbildung sind mit roten Balken die von der Klimastation Zell am See erhobenen Durchschnittstemperaturen (Ordinate) der jeweiligen Monate in den Jahren 2001 bis 2005

(Abszisse) dargestellt. Die schwarze, horizontale Linie verdeutlicht auf einem Niveau von 16,5°C das 30-jährige (1971-2000) Temperaturmittel des wärmsten Monats in dieser Region (Juli).

Die Hitze- und Trockenperiode 2003 wird durch die überdurchschnittlich hohen Durchschnittstemperaturen der Monate Juni, Juli und August der Klimastationen Stolzalpe (Murau) und Zell/ See verdeutlicht. Im August 2003 lag zB. das Monatsmittel auf der Stolzalpe um knapp 4°C über dem von 1971 bis 2000 berechneten Durchschnittswert (14,1°C) des wärmsten Monats (Juli) dieser Region, in Zell am See konnte für diesen Monat ein Unterschied von ungefähr 3°C ausgewiesen werden. Gerade hohe Temperaturen in den Sommermonaten begünstigen die Entwicklung der Engerlinge (SCHEERPELTZ 1950). Durch die einjährige Entwicklung können Gartenlaubkäfer-Populationen schnell auf die Jahreswitterung reagieren.

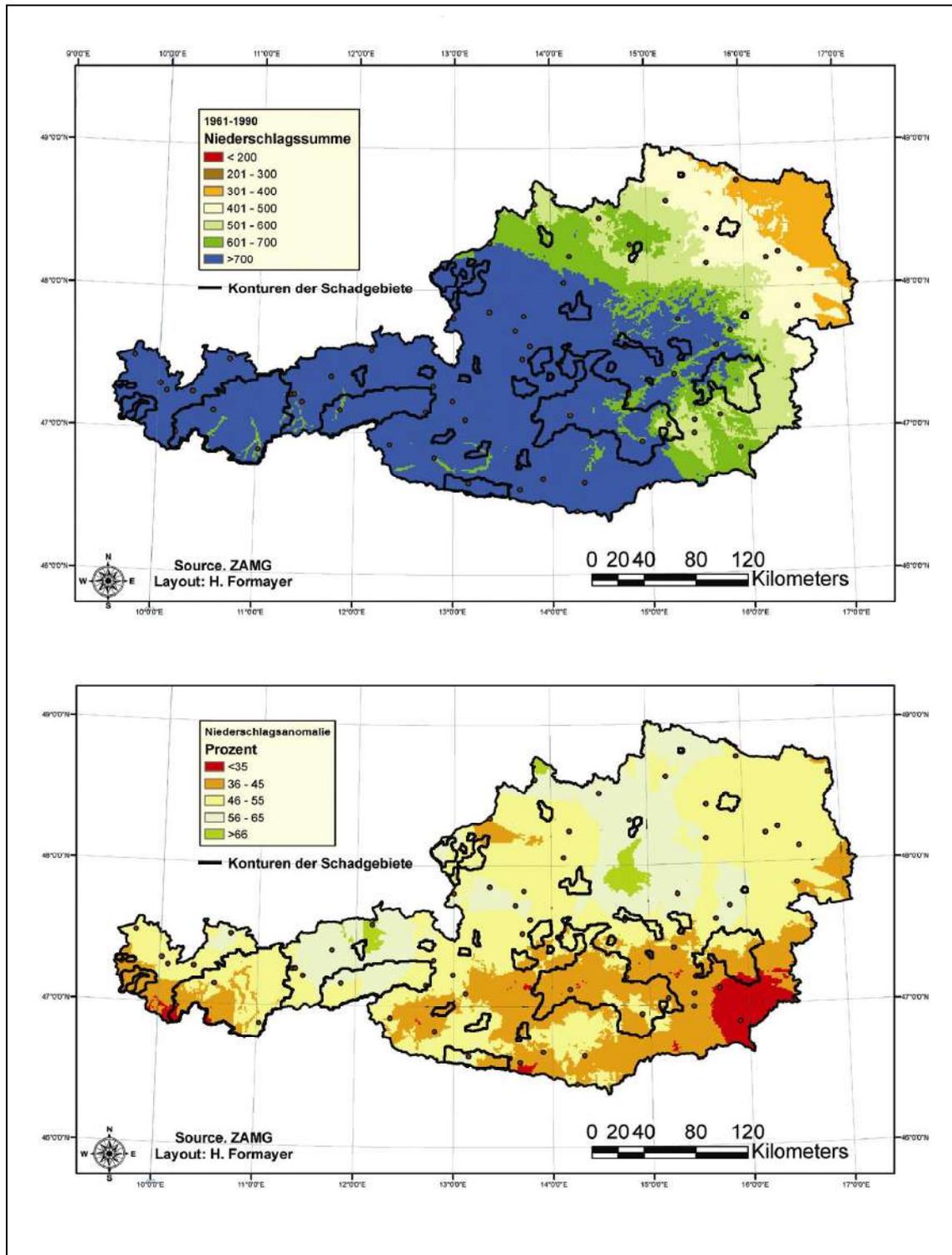


Abb. C-22: Die obere Graphik der Abbildung gibt die durchschnittlichen Niederschlagssummen pro Jahr im Zeitraum von 1.1.–28.8.2003, gemittelt über die Jahre 1961–1990 wieder. Die unterschiedlichen Niederschlagszonen sind farblich hervorgehoben: blau = >700mm Jahresniederschlag; grün = 601-700mm; hellgrün = 501-600mm; weiß = 401-500mm; orange = 301-400mm. In der unteren Graphik sind die Niederschlagsabweichungen (in %) des Zeitraumes 1.1.-28.8.2003 in Relation zum Normalniederschlag (100%) gestellt. Der Normalniederschlag wurde jeweils aus den Niederschlagssummen vom 1.1.-28.8. der Jahre 1961-1990 gemittelt. Niederschlagsdefizite des Normalniederschlags sind mit <35% (rot), 36-45% (orange), 46-55% (gelb), 55-65% und >66% (grün) dargestellt. Die Grenzen der Engerlings-Schadgebiete des Jahres 2003 sind jeweils mit schwarzen Linien markiert.

Wie weiter oben (im Kap. C.4.1. und C.4.3) ausführlich beschrieben wurde, waren 2003 die flächenmäßig größten Schadgebiete zu verzeichnen.

Aus dem oberen Teil der Abb. C-22 ist ersichtlich, dass im langjährigen Mittel (1961–1990) vom 1.1. bis 28.8. fast der gesamte Alpenraum mehr als 700mm Niederschlag verzeichnet. Im unteren Teil der Abbildung ist die Niederschlagsanomalie im Jahr 2003 dargestellt. In diesem Jahr hatten weite Bereiche des Alpenraumes, so das südliche Vorarlberg, das obere Inntal, das südliche Kärnten und vor allem der Bereich vom Lungau bis zum Oststeirischen Randgebirge bis 28.8. nur zwischen 36 und 45% des Normalniederschlags erhalten. Gerade in diesen Regionen lagen auch die größten Bereiche der im Jahr 2003 durch Engerlingsschäden betroffenen Gebiete.

Aufgrund der häufig erwähnten Abhängigkeit der Larven von den Feuchteverhältnissen im Boden (siehe Kap. C.2.4.) werden im folgenden Teil die Niederschlagsverläufe in den Beispielregionen Zell am See und Bezirk Murau (Stolzalpe) im Zeitraum um das Schadjahr 2003 beschrieben.

In den Niederschlagsgraphiken (Abb. C-23 und C-24) zeigen die rot-blauen Flächen in geglätteter Form die Niederschlagsverläufe über längere Zeiträume des Jahres (4 Monate), Ausreißer fallen mit dieser Darstellungsweise nicht so sehr ins Gewicht und der Jahrestrend kann besser beschrieben werden als bei der monatsweisen Darstellung (schwarze Balken).

Die Jahre 2000–2002 waren in Zell am See bis auf die zweite Hälfte des Jahres 2001 um ungefähr 30 bis 50% niederschlagsreicher als das langjährige Mittel. 2003 war vor allem im ersten Halbjahr durch starke Trockenheit gekennzeichnet. Ab 2004 stellten sich wieder ähnlich feuchte Verhältnisse wie 2000-2002 ein. Eine Ausnahme bildete die 2. Jahreshälfte 2004, deren Niederschläge unter dem Erwartungswert blieben. Im März 2002 und im Oktober 2003, am Ende einer ausgedehnten Trockenperiode, fielen Niederschlagsüberschüsse von über 120% besonders deutlich aus. Markante Niederschlagsdefizite von über 75% zeigten sich in den Monaten Dezember 2005 und April 2007.

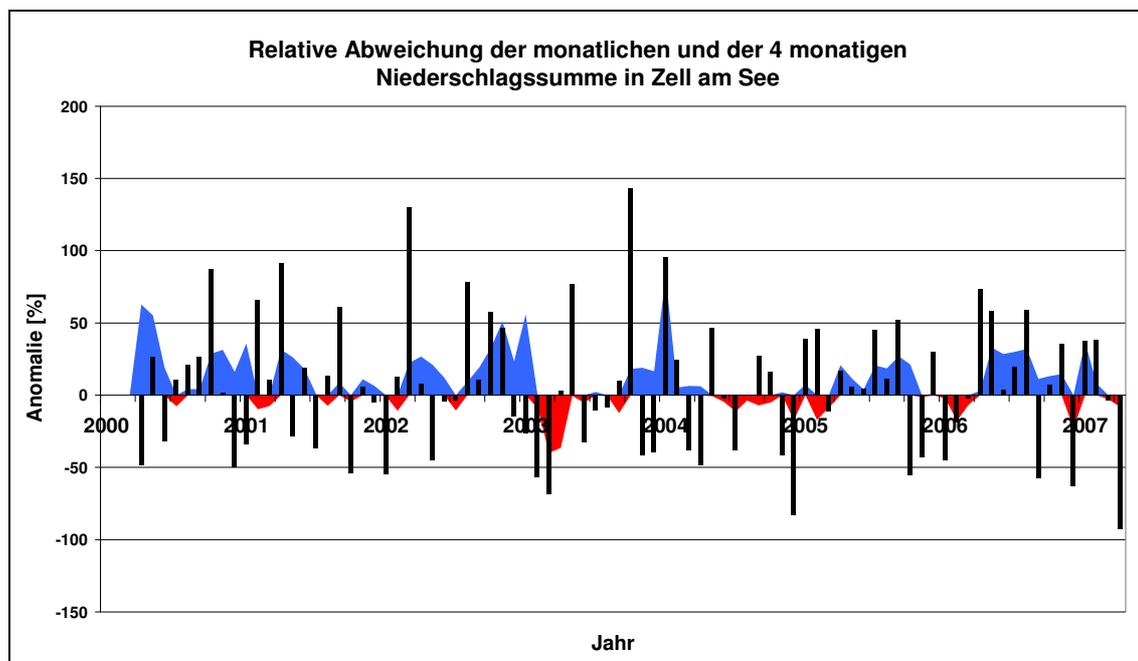


Abb. C-23: Die Graphik veranschaulicht die Niederschlagsanomalien in Zell am See vom April 2000 bis April 2007. Die Zeitachse ist auf der Abszisse dargestellt, die Ordinate gibt die prozentuellen Abweichungen der Niederschlagssummen vom 60-jährigen Mittel an. Dabei stellen die schwarzen Balken die monatlichen Abweichungen vom 60-jährigen Mittel der gleichen Monate dar. Die rot-blauen Flächen zeigen die Abweichungen 4-monatiger Zeiträume vom 60-jährigen

Durchschnitt der jeweils entsprechenden Monatsspannen (z.B.: 4-Monatswert für April entspricht der Summe der Monatsniederschläge vom Januar, Februar, März und April).

Die längerfristigen Beobachtungen auf der Stolzalpe zeigten für den Zeitraum April 2001 bis Juni 2004 beinahe deckungsgleiche Niederschlagsverläufe wie jene der Messstation Zell am See. Lediglich das letzte Drittel des Jahres 2001 sowie das erste Jahresviertel 2004 unterschieden sich durch trockene Monate. Niederschlagsüberschüsse von 100 bzw. 120% im August 2002 und Oktober 2003 ergaben die feuchtesten Monate der letzten Jahre. November 2001, Februar und März 2003 waren mit über 75% Niederschlagsdefizite die ausgeprägtesten Trockenmonate.

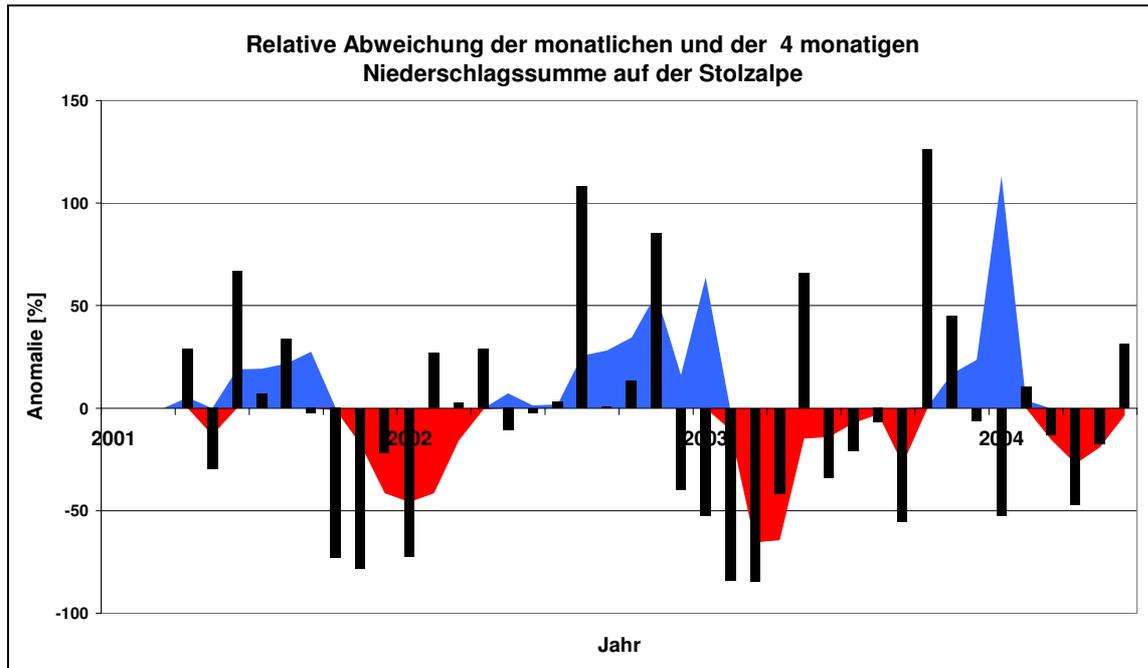


Abb. C-24: Die Graphik veranschaulicht die Niederschlagsanomalien auf der Stolzalpe vom April 2001 bis Juni 2004. Die Zeitachse ist auf der Abszisse dargestellt, die Ordinate gibt die prozentuellen Abweichungen der Niederschlagssummen vom 60-jährigen Mittel an. Dabei stellen die schwarzen Balken die monatlichen Abweichungen vom 60-jährigen Mittel der gleichen Monate dar. Die rot-blauen Flächen zeigen die Abweichungen 4-monatiger Zeiträume vom 60-jährigen Durchschnitt der jeweils entsprechenden Monatsspannen (z.B.: 4-Monatswert für April entspricht der Summe der Monatsniederschläge vom Januar, Februar, März und April).

Nur die Sommermonate des Jahres 2003 waren in beiden Regionen durch ein extremes Niederschlagsdefizit kombiniert mit hohen Temperaturen gekennzeichnet, die Jahre davor waren jedoch durch keine negativen Anomalien der Sommerniederschläge charakterisiert. Dies könnte einen Hinweis darauf geben, dass erst die Jahreswitterung 2003, aufbauend auf einem ausreichend großen Populationsgrundstock des Gartenlaubkäfers (siehe Kap. C-4.2.) zu einer Massenentwicklung von Engerlingen führten.

In Abb. C.25 ist das von SCHAUMBERGER (2005) errechnete Minimum der Nettopotentiellen Evapotranspiration, also der Differenz von Niederschlag und potentieller Evapotranspiration, für das Jahr 2003 flächenhaft aufgetragen. Je kleiner dieser Wert, desto stärker ist die Wasserunterversorgung des Bodens. Laut dem Autor vermittelt die Darstellung einen guten Eindruck über die räumliche Verteilung der trockengefährdeten Gebiete.

Die trockenen Gebiete lagen nördlich und südlich der Alpen, wobei das Weinviertel, das Wiener Becken und das nördliche Burgenland besonders stark gefährdet war.

Im Alpenraum waren das östliche Kärnten und das Drautal, das obere Mur- und das untere Mürztal, das südliche Vorarlberg sowie das obere Inntal mit den Seitentälern von

potentieller Trockenheit betroffen. Wie oben ausgeführt, wurden gerade in solchen Trockengebieten des Alpenraumes massive Engerlingsschäden verzeichnet. Andere Schadgebiete im alpinen Raum, wie das obere Ennstal, das obere Zillertal, das Gailtal, und der Oberpinzgau sind in dieser österreichweiten Darstellung nicht als besonders trockengefährdet zu erkennen.

Grundsätzlich lässt sich das Trockenmodell mit den Engerlings-Schadgebieten in Zusammenhang bringen. Allerdings würde erst eine höher aufgelöste Karte eine Analyse der Abhängigkeit der kleinräumigen Verteilung von Engerlingsschäden mit der Trockengefährdung bzw. dem Boden-Mikroklima von Grünlandflächen ermöglichen.

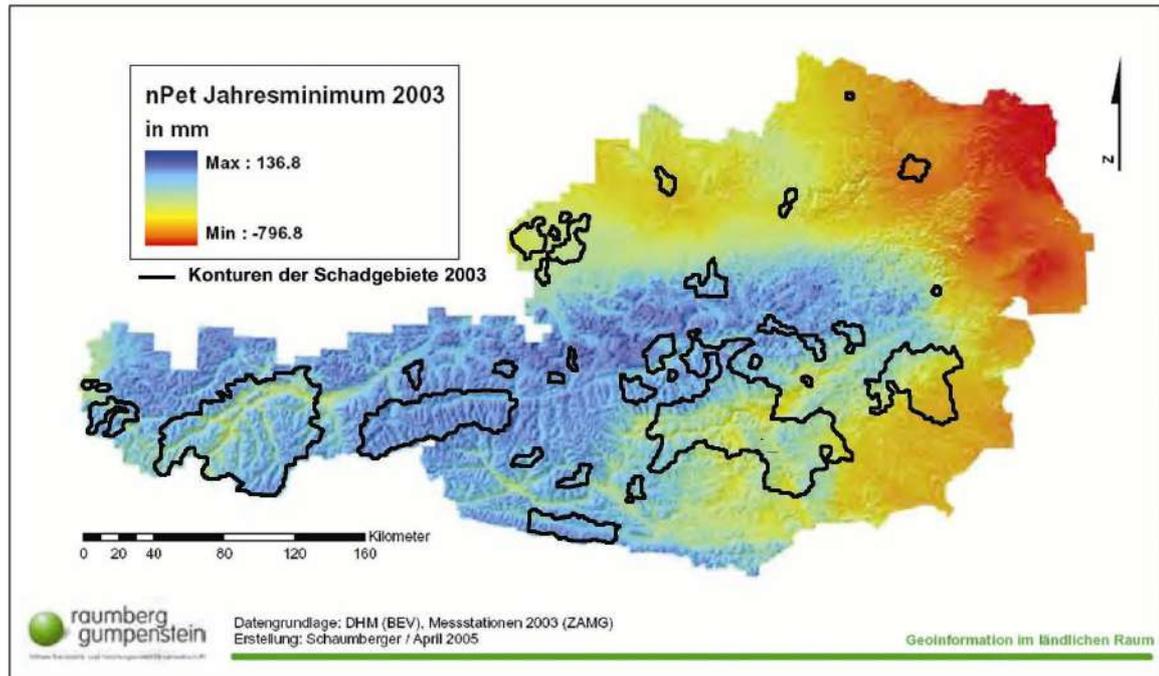


Abb. C-25: Das Jahresminimum der Nettopotentiellen Evapotranspiration in mm, welche sich aus der Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung berechnet (SCHAUMBERGER 2005). Die Darstellung basiert auf der Auswertung sämtlicher Einzeltage vom 1. März bis 31. Oktober, und zeigt die im Jahr 2003 besonders von Trockenheit betroffenen Gebiete. Die schwarzen Konturen zeigen die Hauptschadensgebiete im Jahr 2003 an.

C-4.6 Zusammenfassung der Einflussfaktoren

Im Allgemeinen nennt SCHEERPELZ (1950) warme, trockene, mäßig durchlässige, tiefgründige und nährstoffreiche Böden als optimale Bedingungen für eine Massenvermehrung des Engerlings. Im Widerspruch stehen seine Angaben bezüglich der Voraussetzungen für günstige Eiablageverhältnisse. So werden von ihm zum einen „warme, lockere und trockene Stellen in sonniger, freier Lage“, zum anderen „dichtberaste und gedeckte Böden“ als günstig erachtet.

Eine artspezifische Wahl der Brutstätten würde hierfür eine Erklärung geben (FABER 1951B). Während der Feldmaikäfer bei der Eiablage eher auf besseren, humosen Böden anzutreffen sind, bevorzugt der Waldmaikäfer magere, sandige Böden.

Ein anderer Ansatz wäre, dass der Maikäfer in besonders trockenen Klimaten Oberflächen mit dichter Vegetationsdecke zur Eiablage wählt, um diesen ein für die Entwicklung notwendiges Mindestmaß an Feuchtigkeit zu gewährleisten. Auf feuchteren und kühleren Standorten ist die ausreichende Bodentemperatur der wichtigere Faktor. Daher werden hier warme und trockene Stellen in sonniger Lage für die Eiablage bevorzugt.

Da die jungen Engerlingsstadien nach FABER (1951B) ausreichend Humusstoffe als Nahrungsgrundlage benötigen, scheinen zu nährstoffarme Standorte für eine Massenvermehrung ungeeignet. Hingegen dürften magere Standorte die Eiablage aufgrund einer oft lückigen Grasnarbe erleichtern.

Im Allgemeinen kann man schließen, dass sich in trockenen Jahren niederschlagsreichere Gebiete in ihren klimatischen Bedingungen in das ökologische Entwicklungsoptimum des Käfers verschieben, während niederschlagsarme Standorte zu trocken sind. Dafür würde auch sprechen, dass im Jahr 2003 entlang des Alpenhauptkammes weite Bereiche durch den Käfer in Mitleidenschaft gezogen waren. Auch in höheren Lagen konnten sich durch höhere Temperaturen und geringere Niederschläge ein großer Prozentsatz der Engerlingspopulationen entwickeln. Im pannonisch beeinflussten Raum kam der Käfer/ Engerling selten bzw. gar nicht vor oder das Ausmaß der durch den Engerling beeinträchtigten Nutzflächen lag fast immer unter der Wahrnehmungsgrenze.

In der Literatur festigt FRÖSCHLE (2002) diesen Gedanken eines ökologischen Optimums der Adulten und ihrer Larven. Er erwähnt, dass einerseits Trockenheit und andererseits Staunässe zu einer hohen Absterbensrate führen. In leichten, tiefgründigen, nicht zu Vernässung neigenden Böden hat der Engerling die besten Entwicklungsmöglichkeiten.

In Kap. C-4.2. wurde bereits diskutiert, dass wahrscheinlich der Gartenlaubkäfer für die Schäden im Jahr 2003 hauptverantwortlich sein dürfte. Die Literatur gibt keine genauen Hinweise, welche Bedürfnisse der Gartenlaubkäfer an die Brutstätten stellt. Aus den in den Fragebögen sowie Betriebsbegehungen erhobenen Begleitumständen der Engerlingsschäden 2003 können ähnliche ökologische Ansprüche wie jene des Maikäfers hergeleitet werden. Sein einjähriger Entwicklungszyklus könnte es ihm jedoch ermöglichen, schneller auf Temperaturschwankungen im Boden zu reagieren.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass durch die Fragebogenaktion und die Betriebsbefragungen die Literaturstellen bestätigt wurden, die eine trockene Witterung sowie warme, trockene bzw. mäßig durchlässige Böden als ausschlaggebende Faktoren für die Entstehung von Engerlingsschäden angeben.

Zur Übersicht wurden die in den Fragebögen und in der Literatur genannten Faktoren-ergebnisse in der Abb. C-26 in einen logischen Kontext gebracht. Die Darstellung ist schematisch in die Ebenen Boden, Vegetation und Atmosphäre bzw. Standort getrennt.

Der 1. Ebene wurden u. a. Bodenfaktoren wie extensivierte Bodenbearbeitung, geringer Antagonistenbesatz (*Beauveria* sp.), Bodenart (sandige, leichte Böden), Seichtgründigkeit und Homogenität des Bestandes zugeordnet. Die 2. Ebene umfasst mit den Faktoren wie Anlockung (bevorzugter Fraßpflanzen, Blüten), diverse Extensivierungsmaßnahmen, Schnittzeitpunkt und lückiger Bestand Aspekte der Vegetation sowie Bewirtschaftungsmaßnahmen. Die 3. Ebene setzt sich aus den Faktoren Hanglagen, Südexposition, Landschaftselemente, verminderter Einsatz chemischer Substanzen und Druck durch Fraßfeinde zusammen

Die vernetzte Wirkungsweise aller Faktoren auf die Käferentwicklung und das Schadausmaß ist mit Pfeilen dargestellt. Dabei nehmen die Temperatur bzw. Bodentemperatur und Trockenheit eine übergeordnete Stellung ein.

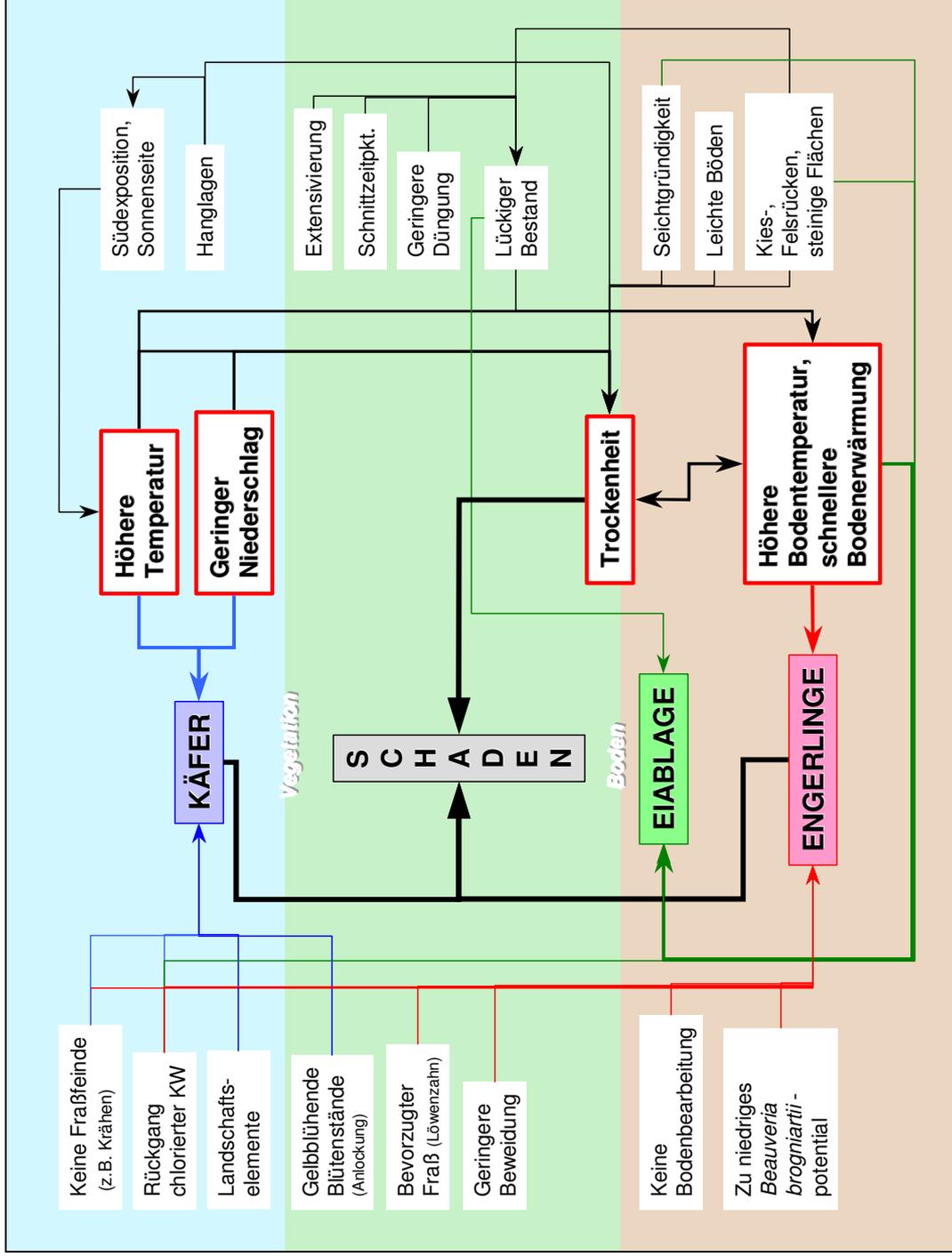


Abb. C-26: Schema über die Zusammenhänge der die Engerlingsschäden beeinflussenden Faktoren.

C-5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bei einer Zusammenschau der Ergebnisse entsteht der Eindruck, dass das Engerlingsauftreten eng mit der jahresklimatischen Situation zusammenhängt. So könnte es in feuchteren und kühleren Gebieten Österreichs durch Niederschlagsdefizite und Wärme- bzw. Hitzeperioden punktuell zu einer Verschiebung der mikroklimatischen Bedingungen kommen, die den Entwicklungsoptima der schadverursachenden Scarabaeidenarten, im Jahr 2003 wahrscheinlich des Gartenlaubkäfers, entsprechen und daher auf die Populationen fördernd wirken.

Aus den Ergebnissen kann die Bodentemperatur als Schlüsselparameter für die Entwicklung der Engerlinge hergeleitet werden. Als weitere wesentliche Voraussetzung für das Auftreten von Engerlingsschäden dürften geeignete Verhältnisse der Bodenfeuchtigkeit gelten. Zusätzlich dürfte durch bestimmte Standorts- und Bewirtschaftungsfaktoren, welche im Einzelnen die Eiablage bzw. die Larvalentwicklung begünstigen, die Schadsituation verstärkt werden,

Die Konzepterstellung und Realisierung eines Engerlings-Warndienstes erfordert daher genaue Angaben zu den Verbreitungsgebieten der Engerlingsarten und deren ökologische Ansprüche. Für die Erstellung eines zuverlässigen Prognosesystems ist es notwendig, die identifizierten Parameter, vor allem jene des Bodens, bezüglich ihrer Wirkung auf den Käfer bzw. Engerling genauer zu überprüfen und anschließend konkret zu quantifizieren. Ein Bodentemperaturmodell würde daher in Kombination mit feuchte- bzw. niederschlagsbeschreibenden Parametern wichtige Informationen für die Vorhersage von Engerlingsschäden zur Verfügung stellen.

Die Validierung dieser Prognosen müsste in längerjährigen Freilanduntersuchungen, unterstützt von Labormessungen zu den ökologischen Ansprüchen der schädlichen Scarabaeiden-Arten vorgenommen werden.

Literaturverzeichnis

- ADAMS, J. B., 1962: Aphid survival at low temperatures. – Can. J. Zool. 40: 951-956.
- BECHERER, K., EIBNER, C., FISCHER, M., HILGERS, M., KLETTER, L., PLESKOT, G., SCHÖNMANN, R., TURNOVSKY, K., VORNATSCHEK, J., 1976: Naturgeschichte Österreichs. – Verl. Forum: 568p.
- BERAN, F., 1951: Die Bekämpfungsaktionen 1951 gegen Maikäfer und Engerlinge. – Der Pflanzenarzt 4, 2. Sondernummer: 1.
- BERNER, M & SCHNETTER, W., 2004: Nematoden zur Bekämpfung von Maikäfer-Engerlingen. - Laimburg Journal 1(2): 309-314.
- BIODIV: <http://www.biodiv.at/chm/situation/klima.htm>
- BOCKSCH, M., 2003: Gartenlaubkäfer (Phyllopertha horticola). - <http://www.slp-plan.de/Naturrasen/Gartenlaubkaefer.pdf>
- BRENNER, H., 2004: Beobachtungen über den Beginn von Maikäferflügen nach der Temperatursummenregel von Horber. - Laimburg Journal 1(2): 181-182.
- CATE, P. C., 2004: Maikäferflüge in Österreich 1949–2000 – Erste vorläufige Auswertungen (Coleoptera, Scarabaeidae, *Melolontha melolontha* (L.) und *M. hippocastani* (F.)). - Laimburg Journal 1(2):146–157.
- De Natur: http://images.google.at/imgres?imgurl=http://www.de-natuur.be/temp/es_page_sections_img_thumb_8104.jpg&imgrefurl=http://www.de-natuur.be/pages/junikever.html&h=391&w=488&sz=59&hl=de&start=13&tbnid=bhy4JqVRMPpAkM:&tbnh=104&tbnw=130&prev=/images%3Fq%3DAmphimallon%2Bsolstitiale%26gbv%3D2%26ndsp%3D18%26svnum%3D10%26hl%3Dde%26sa%3DN
- Digitaler Atlas Steiermark: <http://gis2.stmk.gv.at/da3easy/viewer.aspx?karte=adr>
- eBOD- die digitale Bodenkarte: <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=2967>
- e-nema: <http://www.e-nema.de/biological01.php>
- FABER, W., 1951a: - Über die Lebensweise und Entwicklung des Maikäfers. – Der Pflanzenarzt 4, 2. Sondernummer: 2-3.
- FABER, W., 1951b: Erfahrungen über Maikäfer-Großbekämpfungsaktionen. – Der Pflanzenarzt 4, 2. Sondernummer: 3-4.
- FABER, W., 1951c: Der heutige Stand der Engerlingsbekämpfung. – Der Pflanzenarzt 4, 2. Sondernummer: 5.
- FABER, W., 1951d: Wie erkennen wir die Engerlinge schädlicher Blatthornkäferarten. – Der Pflanzenarzt 4, 2. Sondernummer: 6-7.
- FABER, W., 1961: Ergebnisse zehnjähriger Erhebungen über die Flugjahre des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L. und *M. hippocastani* F.) in Österreich. – Pflanzenschutz Berichte 27 (1/10): 101-146.
- FRÖSCHLE, M. & ALBERT, R., 2004: Versuche zur biologischen und mechanischen Bekämpfung schädlicher Scarabaeidenarten. - Laimburg Journal 1(2): 259-264.
- FRÖSCHLE, M. (2002): Der Feldmaikäfer und seine Engerlinge. - http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/-s/95nbcykvfxmj1hq5brxy86vy8jh30c/show/1047957_11/maikaefer.pdf
- GERSDORF, E., 1958 : Zum Auftreten des Maikäfers in Niedersachsen. – Z. angew. Ent. 42: 401-408.
- GIS-Stmk - Digitaler Atlas der Steiermark – easy: <http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/73713/DE/>
- HORBER, E., 1955: Ökologische und statistische Untersuchungen an Populationen des Feldmaikäfers (*Melolontha vulgaris* F.). - Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz 69(4): 197-210.
- HURPIN, B., 1962: Les *Melolontha*. – In : Balachowski A. S. (ed.): Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1 : Coléoptères, Masson, Paris, France, pp. 59-122.

KELLER, S. & ZIMMERMANN, G., 2005: Scarabs and other soil pests in Europe: Situation, perspectives and control strategies. – In: KELLER, S. (Hrsg.), 2005: Insect Pathogens and Insect Parasitic Nematodes "Melolontha". – IOBC wprs Bulletin 28(2): 9-12.

KELLER, S., 2004a: Bekämpfung von Maikäfer-Engerlingen mit dem Pilz *Beauveria brongniartii* in der Schweiz. – Laimburg Journal 1(2): 158-164.

KLIMAATLAS STEIERMARK: <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/16178332/DE/>

KLIMATOGRAPHIE VON ÖSTERREICH: <HTTP://WWW.BOKU.AC.AT/IMP/EDUCATION/KLIMAC/STKAP4CO.DOC>

KOUTNY, A., 2004: Maikäfer und Co. gezielt bekämpfen. – Bauern Journal IV(3). – http://www.uibk.ac.at/bipesco/beratung/seite20_bj.pdf

MILNE, A., 1983: Fluctuation and natural control of animal population, as exemplified in the garden chafer *Phyllopertha horticola* (L.). – Proceedings of the Society of Edinburgh 82B: 145-199.

Natur-Lexikon.com: <http://www.ausgabe.natur-lexikon.com/>

Öko-Forum, Stadt Luzern, 2007: Stichwort Maikäfer. – <http://www.oeko-forum.ch/downloads/Maikaefer.pdf>

PÖTSCH, E. M., STRASSER, H. & BERGER, H. K., 1997: Was Sie über tierische Schädlinge am Grünland wissen sollten. – Der fortschrittliche Landwirt: „Tierische Schädlinge am Grünland“ 6: 107-115.

RWS:

<http://images.google.at/imgres?imgurl=http://www.werle.com/foto/makro/t6rws.jpg&imgrefurl=http://www.werle.com/foto/makro/t6.htm&h=445&w=580&sz=27&hl=de&start=1&tbnid=cbpVN9k0CNr2YM:&tbnh=103&tbnw=134&prev=/images%3Fq%3DPhyllopertha%2Bhorticola%26gbv%3D2%26svnum%3D10%26hl%3Dde>

SCHAUMBERGER, A., 2005: Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. – Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines „Magister“ im Individuellen Diplomstudium Geoinformationstechnologie, eingereicht am Institut für Geoinformationen der Technischen Universität Graz bei Ao. Univ.-Prof. Dr. Norbert BARTELME.

SCHEERPELTZ, O., 1950: Der Maikäfer. Verl. A. Ziemsen. Wittenberg, Lutherstadt. 43p.

SCHMID, A., 2004: Wechsel vom 4-jährigen zum 3-jährigen Zyklus in der Maikäferpopulation von Brig (Schweiz). – Laimburg Journal 1(2): 193-196.

SCHULATLAS STEIERMARK: http://www.uni-graz.at/geowww/schulatlasseiermark/downloads/klima/klima_thema.pdf

STRASSER, H., 2004a: Scarabaeiden in Österreich: Schadensumfang und biologische Bekämpfung. – Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienst 56(5): 91-94.

STRASSER, H., 2004b: Assessment of scarab infestation in Austria. – Laimburg Journal 1(2): 171-175.

STRASSER, H., 2004c: Biocontrol of important soil-dwelling pests by improving the efficacy of insect pathogenic fungi. – Laimburg Journal 1(2): 236-241.

TRAUGOTT, M., 2003: Bodenschädlinge und Bodennützlige: Wer oder was kontrolliert Engerling und Drahtwurm? – Entomologica Austriaca 8: 7-9.

ZAMG: <http://www.zamg.ac.at/index.php3>

ZWEIGELT, F., 1928: Der Maikäfer. Studien zur Biologie und zum Vorkommen im südlichen Mitteleuropa. Monographien zur angewandten Entomologie. Beihefte zur Zeitschrift für angewandte Entomologie, XIII. Band, Nr. 9. Verlag Paul Parey, Berlin.

Anhang

Anhang 1



Fragebogen zum Engerlings- und Maikäferauftreten

Im Teil A (Seite 1) werden allgemeine Informationen eingeholt, im Teil B (Seite 3) ersuchen wir Sie, wenn möglich, auf einzelne Schadereignisse genauer einzugehen.

Bio Forschung Austria

Bezugsnr. (vom Institut auszufüllen)			
Name		Datum	
Adresse			
Tel.Nr.:		E-mail-Adresse	

Teil A - Allgemeines		Bitte in dieser Spalte eintragen
Frage 1	In welchen Jahren (seit 2000) kam es im Bundesland zu Maikaferflügen?	Jahr(e)
Ausfüllhilfe	z.B. 2000, 2002	
Frage 2	Traten im Bundesland während der letzten Jahre (seit 2000) Probleme mit Engerlingen auf? Wenn nein, weiter zu Frage 11.	
Ausfüllhilfe	ja = 1 / nein = 0 / weiß nicht = kein Eintrag in die Zelle	
Frage 3	In welchen Jahren und Regionen (seit 2000) verursachten Engerlinge Schäden im Bundesland?	Jahr(e)
Ausfüllhilfe	Jahr(e): 2000, 2004, 2005 / Region(en): Bez. Deutschlandsberg, Gem. Greim	Region(en)
Frage 4	Welche Arten traten im Bundesland als Schädlinge in Erscheinung?	Feld-Maikäfer
Ausfüllhilfe Legende	Bei Auftreten der Art "1" in entsprechende Zelle eintragen Feld-Maikäfer (<i>Melolontha melolontha</i>); Wald-Maikäfer (<i>M. hippocastani</i>); Junikäfer (<i>Amphimallon solstitiale</i>); Gartenlaubkäfer (<i>Phyllopertha horticola</i>)	Wald-Maikäfer
		Junikäfer
		Gartenlaubkäfer
		Andere
Frage 5	Welche Kulturen sind vom Schädlingsbefall durch Engerlinge betroffen?	
Ausfüllhilfe	z.B. Grünland, Obstkulturen, Weinbauflächen,....	
Frage 6	Wieviel ha Fläche wurden im Schnitt pro Schadjahr (seit 2000) durch Engerlinge im Bundesland geschädigt?	ha/ Jahr
Ausfüllhilfe	z.B. 150	
Frage 7	Kommt es in bestimmten Regionen (des Bundeslandes) zu immer wiederkehrenden Schadensmeldungen?	Engerlinge
Ausfüllhilfe	ja = 1 / nein = 0 / weiß nicht = kein Eintrag in die Zelle	Käfer
Frage 7a	Wenn ja, wo?	Regionen (Engerlinge)
Ausfüllhilfe	z. B.: Bez. Deutschlandsberg, Gem. Greim	Regionen (Käfer)

Frage 8	Welche Bekämpfungs- oder Kontrollmaßnahmen werden gegen die Engerlinge angewandt?	
Ausfüllhilfe	z.B. Bodenbearbeitung durch Pflug; Melcocont	
Frage 9	Sind die Engerlingsschäden während der letzten Jahre (seit 2000) ihrer Meinung nach:	
Ausfüllhilfe	gleichbleibend «0/ ansteigend «1/ abnehmend « -1	
Frage 10	Wovon wird das Auftreten der Engerlinge und das Schadausmaß Ihren eigenen Erfahrungen und Beobachtungen nach begünstigt?	
Ausfüllhilfe	z.B. Boden, Temp., Feuchtigkeit, Bodenbearbeitung, Witterung u. a.	
Frage 11	Welche Personen/ Institutionen sind Ihnen bekannt, die weiterführende Informationen zu Maikäfern/Engerlingen besitzen und uns Auskünfte darüber geben könnten?	Kontakt
Ausfüllhilfe	z.B. Ansprechpersonen in Bezirksbauernkammern, Landwirtschaftsberater, Institutionen...(mit Adresse, Telefonnr. bzw. E-mail-Adresse)	

