

Diversität von Collembolen auf fragmentierten Trockenrasen

Diversity of Collembola in fragmented dry grassland

Pascal Querner

Institut für Zoologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien; pascal.querner@gmx.at

Abstract

Dry grasslands contain a high diversity of plants and animals. They used to cover a large area in Eastern Austria but were partly converted into arable land. Small grassland patches remained scattered in the agricultural landscape. This paper presents the results of a study on animal and plant diversity in such areas in Vienna, Lower Austria and Burgenland. 86 species of Collembola sampled with pitfall traps were found, seven of them were new to Austria. Nine species were considered typical dry grassland Collembola. The number of typical dry grassland species correlates significantly with "isolation" (distance to the nearest grassland >15 ha; $r = -0,379$; $p = 0,01$), the number of dry grassland plants ($r = 0,48$; $p = 0,01$), the soil temperature ($r = 0,282$, $p = 0,05$) and the share of sand within soil ($r = 0,353$; $p = 0,05$). The number of collembolan species correlated with the grassland total ($r = -0,385$; $p = 0,01$) and the total number of plants ($r = 0,350$; $p = 0,05$).

Keywords

Epigeic Collembola, fragmentation, dry grassland, pitfall trap, habitat and landscape factors, biodiversity.

Einleitung

Die Zerstörung von natürlichen Lebensräumen führt weltweit zur Fragmentierung der Landschaft. Natürliche Biotope sind oft nur noch als „Inseln“ in der Landschaft erhalten (SAUNDERS et al. 1991, 1993). Ein globaler Verlust von Biodiversität ist die Folge (TURNER 1996; WILSON 1992; HOBBS 1994).

Die übrig gebliebenen Biotopinseln sind starkem Wind, Einstrahlungs- und Grundwasserveränderungen, der Versalzung sowie Nährstoff- und Sameneintrag von den Feldern ausgesetzt (HOBBS 1993). Weiter beeinflussen Größe und Form der Fragmente die Tier- und Pflanzengesellschaften, wobei der Randeffekt („edge-effect“) eine wesentliche Rolle spielt. So werden etwa die Randzonen einer Wiese durch einen angrenzenden Wald stärker beschattet und sind daher kühler als das Zentrum der Fläche (COLLINGE 1996).

Im Osten Österreichs gehören Trockenrasen zu den artenreichsten Lebensräumen. Sie kommen natürlich auf steilen Hängen mit seichtem Boden vor oder sind das Ergebnis der Umwandlung von ursprünglichen thermophilen Wäldern in ausgedehnte Weideflächen in den letzten Jahrhunderten. Als Folge von Mahd und Beweidung sind großflächige sekundäre Trockenrasen entstanden (POKORNY & STRUDL 1986; POSCHLOD & WALLIS DE VRIES 2002).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts vollzog

sich der Wandel zur intensiven Landwirtschaft. Großflächig wurden Trockenrasen in Äcker umgewandelt oder aufgeforstet. Die einst ausgedehnten Weideflächen bestehen heute nur noch in Form von einigen wenigen großen Flächen (z. B.: Hundsheimer Berge, Eichkogel) und vielen kleinen Relikten isolierter Trockenrasen in der agrarisch genutzten Kulturlandschaft. Diese blieben nur in landwirtschaftlichen Ungunstlagen erhalten und bilden heute ein Refugium für Wärme liebende Arten (GEPP, 1986), von denen etliche im Osten Österreichs ihre nordwestliche Verbreitungsgrenze erreichen.

Diese Inseln sind als Landschaftselemente stark gefährdet (POKORNY & STRUDL 1986; POSCHLOD & WALLIS DE VRIES 2002). Kommt es zu keiner Pflege des

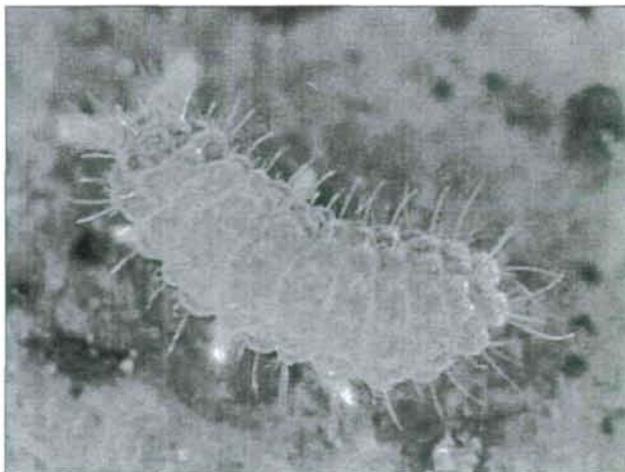


Abb. 1: *Pseudachorutes* sp.

Trockenrasens durch Mahd, Schwendung oder Beweidung, so verbuscht er und verliert seinen pannonischen Steppencharakter (WAITZBAUER 1990). Auf vielen Trockenrasen findet dieser Prozess statt. Die Folge ist ein Aussterben vieler kleiner Populationen und im schlimmsten Fall einer ganzen Art.

Auf dem Hundsheimer Berg untersuchte KAMPICHLER (1990, 1991, 1992) die Lebensgemeinschaften von Collembolen und deren Phänologie. CHRISTIAN & KAMPICHLER (1984) beschrieben die Zoogeographie einiger Arten, die auf Trockenrasen vorkommen. Neueste Untersuchungen stammen von WINKLER & KAMPICHLER (1999, 2000) und WINKLEHNER et al. (1997). Sie beschäftigen sich mit der Frage des Zusammenhangs zwischen lokaler und regionaler Artenzahl von Gemeinschaften epigäischer Collembolen auf unterschiedlich großen Flächen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden auf 50 Trockenraseninseln in Ostösterreich Korrelationen zwischen der Diversität epigäischer Collembolen und

Habitat- und Umweltparametern untersucht.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Kann man von einer typischen Trockenrasenphytozönose auf das Vorkommen trockenrasenspezifischer Collembolen schließen?
2. Welche Umweltfaktoren bestimmen das Vorkommen von Collembolen auf Trockenraseninseln?
3. Wie reagieren Collembolen auf die Fragmentierung von Trockenrasen im Osten Österreichs? Eignen sie sich als Indikatoren?

Material und Methoden

Untersuchungsgebiet

Die 50 Probenflächen (24 in Niederösterreich, 24 im Burgenland und 2 in Wien; Abb. 2) liegen in primären oder sekundären Trockenrasen der Klasse Festuco-Brometea inmitten von land- und forstwirtschaftlich dominierten Kulturlandschaften. Ihre jeweilige Größe wurde auf 0,01-10 ha eingeschränkt. Der Abstand zum Zentrum des nächsten Trockenrasens sollte jeweils mindestens 500 m betragen, um eine Autokorrelation der Landschaftsvariablen so weit wie möglich zu vermeiden.

Probennahme und Auswertung des Tiermaterials

Die epigäische Collembolen wurden mit Hilfe von Barberfallen gesammelt. Alle 50 Flächen wurden im Zeitraum von 13. 4.-4. 5. 2001 beprobt. Im Zentrum jeder Fläche wurden 3 Fallen (Öffnungsweite 4,5 cm) an den Eckpunkten eines gleichschenkeligen Dreiecks (5 m) exponiert. Als Fallenflüssigkeit diente Ethylenglycol. Nach Leeren der Fallen wurden die Tiere in 70%-igem Ethanol konserviert. Die Fänge der einzelnen Standorte wurden gepoolt und bestimmt. Von schwierig zu bestimmenden Individuen wurden Dauerpräparate (Marc André II) hergestellt.

Die Bestimmung erfolgte nach GISIN (1960, 1964a, 1964b, 1965); PALISSA (1964); STACH (1956, 1960,

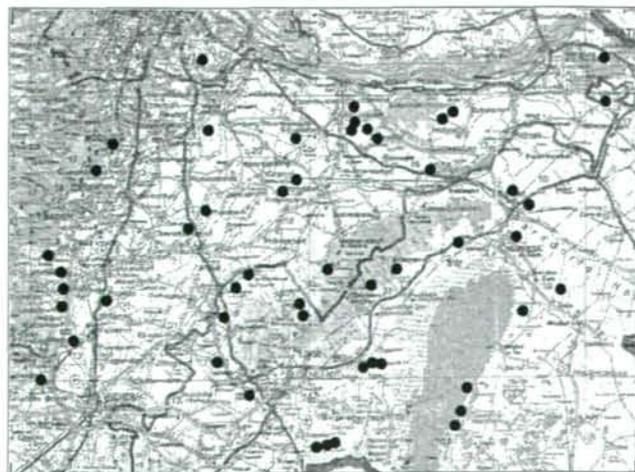


Abb. 2: Landkarte der Standorte in Wien, Niederösterreich und im Burgenland

1963); BRETTFELD (1999); ZIMBARS & DUNGER (1994); MASSOUD (1967); BABENKO et al. (1994); RUSEK (1979) und POMORSKI (1990).

Jede Art wurde einer Lebensraumkategorie zugewiesen:

Arten der Kategorie 1 sind nur von Trockenrasen bekannt. Arten der Kategorie 2 kommen auf Trockenrasen vor, aber auch in Brachen und in thermophilen Wäldern. Arten der Kategorie 3 sind Ubiquisten, kommen daher auch in Äckern vor und stellen keine besonderen Ansprüche an ihren Lebensraum. Arten der Kategorie 4 sind an spezielle Habitate, nicht aber an Trockenrasen angepasst. Arten der Kategorie 0 konnten keiner der oben genannten Kategorien zugeordnet werden.

Die Zuweisung erfolgte anhand der vorhandenen Literatur (CHRISTIAN 1987; CHRISTIAN & KAMPICHLER 1984; BRETTFELD 1999; GISIN 1960; PALISSA 1964; STACH 1956, 1960, 1963) und nach Experteneinschätzung. Sie bezieht sich vorwiegend auf den Osten Österreichs.

Für die Korrelationsanalysen wurden Artenreichtum, Gesamtindividuenzahl, Shannon-Weaver-Index und die Evenness der einzelnen Standorte bestimmt. Als „häufig“ wurden Arten mit >70 % Präsenz bezeichnet. Arten, die in der gesamten Studie nur mit einem einzigen Individuum vorkommen, wurden als „sehr selten“ eingestuft. Als Korrelationsmaß diente der Korrelationskoeffizient nach Pearson (r).

Landschafts- und Biotopp Parameter

Die Größe der jeweiligen „Insel“ im Jahr 2000, die Gesamtgröße von weiteren Trockenrasen in einem 1 km² großen Quadrat um die Untersuchungsfläche, die Form der „Insel“, die Isolation (der kürzeste Abstand zum nächsten, mindestens 15 ha großen Trockenrasen, im Folgenden „Mainland“ genannt) und die Größe im Jahr 1950 wurden durch Begehungen der Flächen und ihrer Umgebung (1 km²) sowie durch Auswertung von Luftbildern (1950 und 2000) ermittelt. Der Flächen-Umfang-Index wurde berechnet. Die Aufnahme der Vegetationsdichte (Mittel aus 15 Messungen) und deren Standardabweichung erfolgte durch eine Phytomasseschätzung nach BRANSBY & TAINTON (1977) („disc pasture meter“). Der Grad der Verbuschung wurde geschätzt. Die Form der Nutzung (z. B.: Beweidung oder Mahd) wurde ermittelt. Die Bodentemperatur (Jahresmittel) wurde nach PALLMANN et al. (1940) mittels der polarimetrischen Zucker-Inversionsmethode gemessen. Humusgehalt und Korngrößenverteilung (Ton-, Sand- und Kiesgehalt) des Bodens wurden am Bundesamt für Wasserwirtschaft (Petzenkirchen) bestimmt: Humus über den Glühverlust, Ton und Sand durch Schlämmanalyse und Kies mittels Nasssiebung. Die pflanzensoziologische Erhebung wurde in einem 5x5 m² großen Quadrat im Zentrum jeder Fläche nach BRAUN-BLANQUET (1964)

durchgeführt. Für die Diversitätsanalyse wurden die Gesamtartenzahl und die Zahl der trockenrasentypischen Arten (Experteneinschätzung; im Folgenden als Pflanzen der Kategorie 1 bezeichnet) verwendet.

Ergebnisse

Faunistik und Diversität

Auf den 50 Trockenraseninseln wurden insgesamt über 56.300 Collembolen gesammelt. Die Individuenzahl pro Fläche schwankte zwischen 206 und 5.690. Insgesamt wurden 86 Arten bestimmt. Die Artenzahlen pro Standort lagen zwischen 13 und 24 (Durchschnitt: über 18 Arten). Sieben Arten davon sind neu für Österreich.

Neun Arten wurden der Kategorie 1 zugeteilt: *Protophthora subfimbata*, *Entomobrya multifasciata*, *Entomobrya handschini*, *Orchesella spectabilis*, *Orchesella pannonica*, *Lepidocyrtus nigrescens*, *Sminthurus multipunctatus*, *Sminthurus maculatus* und *Deuterosminthurus pallipes*. Diese Arten sind xerothermophil. An allen Standorten kommen Arten der Klasse 1 vor; ihre Anzahl beträgt zwischen eins und fünf. Die meisten Arten (37) wurden als Ubiquisten (Kategorie 3) eingestuft (z. B.: *Isotoma viridis* oder *Orchesella cincta*). Darunter befinden sich auch zwei der für Österreich neuen Arten *Pseudosinella imparipunctata* und *Pseudachorutes palmiensis*.

Zu den höchst präsenten Arten (in über 70 % der Flächen) gehören *Deuterosminthurus pallipes*, *Entomobrya multifasciata* und *Entomobrya handschini* (aus der Kategorie 1) sowie *Isotoma viridis*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Lepidocyrtus languinosus*, *Lepidocyrtus lignorum*, *Lepidocyrtus paradoxus*, *Orchesella cincta*, *Pseudachorutes parvulus* (vgl. Abb. 1) und *Sminthurus viridis*.

Die Werte des Shannon-Weaver-Indexes (von 2,51 bis 3,08; Durchschnitt = 2,80) und der Evenness (von 0,67 bis 0,76; Durchschnitt = 0,71) sind sehr ähnlich und recht hoch. Das kann durch eine ähnliche Anzahl von individuenreichen Arten und die große Zahl selten vorkommender Arten an fast allen Standorten erklärt werden.

Die Ergebnisse der Luftbildanalyse zeigen deutlich den Prozess der Fragmentierung und den gesamten Flächenverlust von Trockenrasen in der ostösterreichischen Landschaft. Die Gesamtfläche der „Inseln“ beträgt heute 645,6 km²; vor 50 Jahren betrug sie noch 3342,6 km². Weniger als ein Fünftel der Fläche ist also erhalten geblieben.

Ergebnisse der Korrelationsanalyse

Die Zahl der Arten der Kategorie 1 (typische Trockenrasenarten) korreliert signifikant positiv ($r = 0,48$; $p = 0,01$) mit der der trockenrasentypischen Pflanzen und signifikant negativ ($r = -0,379$; $p = 0,01$) mit der Isolation (Distanz zum nächsten Mainland). Sie

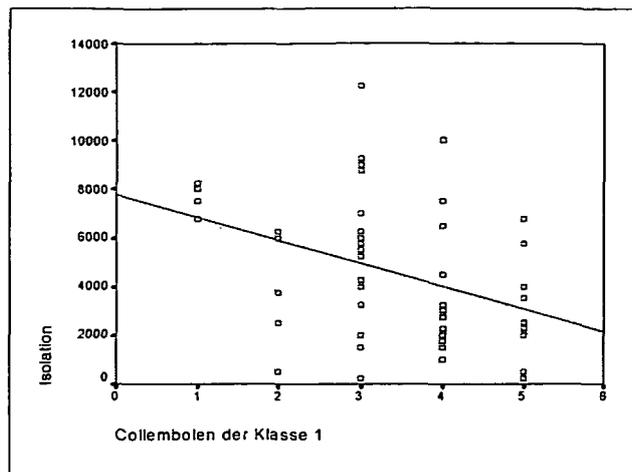


Abb. 3: Korrelation der typischen Trockenrasen-Collembolen mit der Isolation (Distanz zum nächsten Trockenrasen > 15 ha). Korrelationskoeffizient nach Pearson

korreliert auch leicht signifikant mit dem Kiesgehalt ($r = 0,353$; $p = 0,05$) und der Bodentemperatur ($r = 0,282$, $p = 0,05$).

Die Zahl der Arten der Kategorie 3 korreliert signifikant mit der Gesamtfläche von Trockenrasen in der Umgebung des Standortes ($r = -0,385$; $p = 0,01$) und der Gesamtartenzahl von Pflanzen in der Untersuchungsfläche ($r = 0,350$; $p = 0,05$).

Korrelationen mit der Gesamtartenzahl, der Gesamtindividuenzahl, dem Shannon-Weaver-Index, der Evenness und den anderen Umweltfaktoren brachten keine signifikanten Ergebnisse.

Diskussion

Die große Artenzahl (86) und – gemessen am Sammelaufwand – hohe Individuenzahl (>56.000) der Collembolen unterstreicht die Bedeutung dieser Gruppe für Wiesenökosysteme. Das Vorkommen typischer Trockenrasen-Collembolen auf allen Flächen und die hohe Anzahl neuer Arten (7) für Österreich zeigen deutlich den Wert dieser Biotopinseln für den Naturschutz im Osten Österreichs. Trockenraseninseln stellen auch für epigäische Collembolen einen wichtigen Lebensraum in der agrarisch dominierten Landschaft dar.

Die Ergebnisse der Korrelationen zeigen, dass auf Landschaftsebene die Isolation der Inseln und die Zahl der umliegenden Trockenrasen die wichtigsten Faktoren sind. Je kleiner die Distanz zu einem Mainland ist, desto mehr trockenrasentypische Arten sind auf der Fläche zu finden. Ubiquisten (Kategorie 3) hingegen nehmen mit der Zunahme von Trockenraseninseln in der Umgebung ab. Diese beiden Ergebnisse zeigen einen Einfluss von Fragmentierung und Landschaftsgliederung auf das Vorkommen von Collembolen.

Für die negative Korrelation der Isolation mit der Zahl der trockenrasentypischen Arten kommen zwei (keineswegs alternative) Erklärungen in Betracht:

1. Bei einer geringen Distanz zu einem Mainland ist

eine noch vor kurzem vorhandene Verbindung mit dieser Fläche wahrscheinlich (daher eine Verbindung mit einem großen Trockenrasen). Eine höhere Anzahl typischer Trockenrasenarten könnte noch von der früher sehr großen Fläche erhalten geblieben sein.

2. HOPKIN (1997) beschreibt die unterschiedlichen Möglichkeiten der passiven Verbreitung von Collembolen und ihren Eiern durch Wind, Wasser oder Erde. Bei einer kurzen Distanz zu einem Mainland kann Artenaustausch mit einer höheren Wahrscheinlichkeit erwartet werden.

Auf Habitatebene korrelieren die Zahlen von typischen Trockenrasen-Collembolen und -Pflanzen untereinander. Man kann daher von typischen Trockenrasen-Pflanzengemeinschaften auf das Auftreten typischer Collembolen wie *Deuterostminthurus pallipes*, *Lepidocyrtus nigrescens*, *Entomobrya multifasciata* oder *Entomobrya handschini* schließen (nicht aber auf bestimmte Artenkombinationen).

Die Korrelation mit den Biotopparametern Temperatur und Kiesgehalt des Bodens weisen auf die Bedeutung dieser Umweltfaktoren für die Collembolen auf Trockenrasen hin. Viele dieser Arten sind als xerothermophil beschrieben und offenbar an besonders trockene (Kies z. B. hat eine geringe Wasserhaltekapazität) und warme Standorte (hohe Temperatur, zum Beispiel wegen Südexposition) gebunden.

Es konnte aber kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Arten der Kategorie 1 und den weiteren Trockenrasenflächen in der Umgebung der Biotop-Inseln gefunden werden. Ein möglicher Grund dafür ist die geringe Variation der Zahl der Trockenrasenarten (1 bis 5 Arten pro Standort) im Gegensatz zu der hohen Variation der Ubiquisten (6 bis 14 Arten pro Standort).

Die Artenzahl der Ubiquisten korreliert mit der Gesamtartenzahl der Pflanzen; Standorte mit einer höheren Gesamtdiversität von Pflanzen enthalten daher mehr Ubiquisten. Dies zeigt, dass für Trockenrasen die Gesamtartenzahl per se kein Qualitätsmerkmal aus der Sicht des Naturschutzes ist. Erst eine Differenzierung der Arten nach ihrer Lebensraumpräferenz erlaubt eine Beurteilung der Fläche.

Die Größe der Biotop-Insel spielt bei der Fragmentierung, besonders durch den Randeffect, eine wichtige Rolle (COLLINGE 1996). In dieser Studie wurde kein direkter Einfluss der Inselgröße auf die Collembolenfauna gefunden. Dies kann mit dem geringeren Raumbedarf von Collembolenpopulationen im Vergleich zu größeren Tiergruppen zusammenhängen. Ein anderer möglicher Grund ist das Alter der Trockenraseninseln. Bei vielen Flächen ist die Fragmentierung erst kürzlich eingetreten (wie die Luftbilder aus den 50er Jahren zeigen). So ist es denkbar, dass Populationen von spezifischen Arten auf den kleinen Flächen noch überlebt haben, vielleicht aber in den

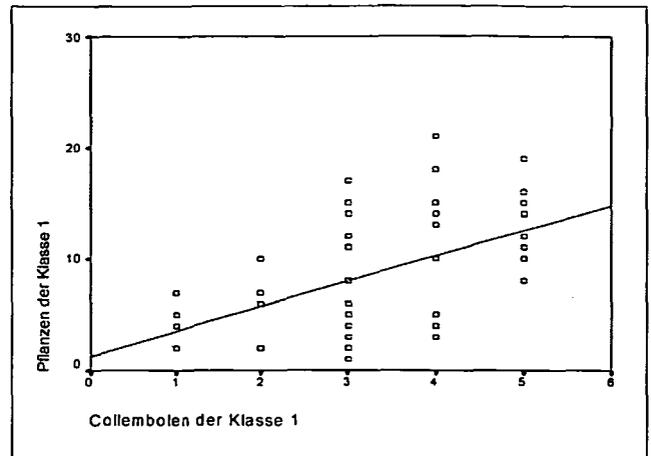


Abb. 4: Korrelation der typischen Trockenrasen-Collembolen mit typischen Trockenrasen-Pflanzen (Korrelationskoeffizient nach Pearson (r)).

nächsten Jahrzehnten aussterben werden. Schließlich können Parameter der Habitatqualität, die sich auf das Auftreten von Collembolen auswirken, von der Größe der Insel unabhängig sein.

Wie in der Arbeit von DAMBOS (2001), so konnte auch in der vorliegenden Studie kein Einfluss des Flächenmanagements (Beweidung oder Mahd) auf die Collembolen nachgewiesen werden. PUVIS & CURRY (1978) und BARDGETT et al. (1993) dagegen beschreiben einen Anstieg der Abundanz bei Beweidung.

Die Artengarnitur der Trockenrasen setzt sich meist aus Spezialisten und Generalisten zusammen; beide Gruppen sind durch seltene und häufige Arten vertreten. Eine „typische“ Collembolen-Zönose für Trockenrasen konnte nicht definiert werden.

In Australien wurde von GREENSLADE (1997) die Eignung von Collembolen als Indikatorgruppe für natürliche Graslandökosysteme untersucht. Nach dieser Autorin ist der Graslandtyp der wichtigste Faktor für die Lebensgemeinschaft und Abundanz von Collembolen. Auch in der vorliegenden Studie wurde gezeigt, dass Pflanzen- und Collembolengemeinschaften ähnlich reagieren. VAN STRAALLEN (1998) untersuchte den Zeigerwert der Collembolen als Bioindikatoren, kam jedoch zu dem Schluss, dass sie sich durch ihren Artenreichtum zwar dafür anbieten, aber derzeit noch zu wenig Information über die Gemeinschaften und die steuernden Faktoren vorliegt.

Literatur

- BABENKO, A.B., N.M. CHERNOVA, M.B. POTAPOV & S.K. STEBAEVA, 1994: Collembola of Russia and adjacent countries: Family Hypogastruridae. – Nauka, Moscow, 336 pp.
- BARDGETT, R.D., J.C. FRANKLAND & J.B. WHITTAKER, 1993: The effects of agricultural practices on the soil biota of some upland grasslands. – Agriculture, Ecosystems & Environment, 45:25-45.
- BRANSBY, D.I. & N.M. TAINTON, 1977: The disk pasture meter: possible applications in grazing management. – Proceedings of the Grassland Society in South Africa, 5:115-118.
- BRAUN-BLANQUET, J. (ed.), 1964: Pflanzensoziologie. 3. – Springer Verlag, Berlin, Wien, New York.
- BRETFELD, G., 1999: Synopsis on Palaearctic Collembola: Sym-

- phypleona. – Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz, 71:1-318.
- CHRISTIAN, E., 1987: Catalogus Faunae Austriae: Collembola (Springschwänze). – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, 1-80.
- CHRISTIAN, E. & C. KAMPICHLER, 1984: On the zoogeography of some epedaphic Collembola from eastern Lower Austria. – Annalen des Naturhistorischen Museums Wien, 86:133-139.
- COLLINGE, S.K., 1996: Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. – Landscape and Urban Planning, 36:59-77.
- DAMBOS, M., 2001: Collembola of loess grassland: effects of grazing and landscape on community composition. – Soil Biology & Biochemistry, 33:2037-2045.
- GEPP, J., 1986: Trockenrasen in Österreich als schützenswürdige Refugien wärmeliebender Tierarten. – In: HOLZNER, W., E. HORVATIC, E. KÖLLNER, W. KÖPPL, M. POKORNY, E. SCHARFETTER, G. SCHRAMAYR & M. STRUDL, (eds): Österreichischer Trockenrasenkatalog. „Steppen“, „Heiden“, Trockenwiesen, Magerwiesen: Bestand, Gefährdung, Möglichkeiten ihrer Erhaltung. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz, Styria, Graz, 6:15-28.
- GISIN, H., 1960: Collemboles d'Europe. – Musee d'Histoire Nature, Genf, 312 pp.
- GISIN, H., 1964a: Collemboles d'Europe. VI. – Revue Suisse de Zoologie, 64:649-678.
- GISIN, H., 1964b: Collemboles d'Europe. VII. – Revue Suisse de Zoologie, 383-400.
- GISIN, H., 1965: Nouvelles notes taxonomiques sur les *Lepidocyrtus*. – Revue Ecologie et Biologie du Sol, 4:519-534.
- GREENSLADE, P., 1997: Are Collembola useful as indicators of the conservation value of native grasslands? – Pedobiologia, 41:215-220.
- HOBBS, R.J., 1993: Effects of landscape fragmentation on ecosystem processes in the western Australian wheatbelt. – Biological Conservation, 64:193-201.
- HOBBS, R.J., 1994: Landscape ecology and conservation: moving from description to application. – Pacific Conservation Biology, 1:170-177.
- HOLZNER, W., E. HORVATIC, E. KÖLLNER, W. KÖPPL, M. POKORNY, E. SCHARFETTER, G. SCHRAMAYR & M. STRUDL, 1986: Österreichischer Trockenrasenkatalog. „Steppen“, „Heiden“, Trockenwiesen, Magerwiesen: Bestand, Gefährdung, Möglichkeiten ihrer Erhaltung. – Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz, Styria, Graz, 6:86-308.
- HOPKIN, S.P., 1997: Biology of Springtails (Insecta: Collembola). – Oxford University Press, 160-163.
- KAMPICHLER, C., 1990: Community structure and composition of Collembola and Cryptostigmata in a dry-turf cushion plant. – Biology of Fertile Soils, 9:130-134.
- KAMPICHLER, C., 1991: Zur Collembolesfauna der Trockenrasen im Naturschutzgebiet des Hundsheimer Berges (Niederösterreich). – Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft Österreich 128:145-155.
- KAMPICHLER, C., 1992: Community structure and phenology patterns of epedaphic Collembola in a dry-turf grassland. – Zoologische Jahrbücher, Systematik, 119:369-381.
- MASSOUD, Z., 1967: Monographie des Neanuridae, Collemboles Poduromorph a pieces buccales modifiées. – Paris, ed. CNRS, 1-399.
- PALISSA, A., 1964: Die Tierwelt Mitteleuropas. Apterygota-Urinsekten. – Verlag von Quelle & Meyer, Leipzig.
- PALLMANN, H., E. EICHENBERGER & A. HASLER, 1940: Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen und bodenkundlichen Untersuchungen. – Beiträge der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft 50:337-362.
- POKORNY, M. & M. STRUDL, 1986: Trockenrasen - gefährdete Landschaftselemente. – In: HOLZNER, W., E. HORVATIC, E. KÖLLNER, W. KÖPPL, M. POKORNY, E. SCHARFETTER, G. SCHRAMAYR & M. STRUDL (eds.): Österreichischer Trockenrasenkatalog. „Steppen“, „Heiden“, Trockenwiesen, Magerwiesen: Bestand, Gefährdung, Möglichkeiten ihrer Erhaltung. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz, Styria, Graz, 6:28-29.
- POMORSKI, R.J., 1990: Morphological-systematic studies on the variability of pseudocelli and some morphological characters in *Onychiuroides* of the "armatus-group" (*Collembola*, *Onychiuroides*). Part II. On synonyms within the "armatus-group", with special reference to diagnostic characters. – Annales Zoologici 26:536-575.
- POSCHLOD, P. & M.F. WALLISDEVRIES, 2002: The historical and socio-economic perspective of calcareous grassland - lessons from the distant and recent past. – Biological Conservation, 104:361-376.
- PUVIS, G. & J.P. CURRY, 1978: The effects of grazing and silage production systems on the epigeal fauna of grassland. – Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society, 6.
- RUSEK, J., 1979: Three new *Pseudosinella* species from Czechoslovakia (*Collembola*, *Entomobryidae*). – Acta entomologica bohemoslovaca 76:255-265.
- SAUNDERS, D.A., R.J. HOBBS & C.R. MARGULES, 1991: Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. – Conservation Biology, 5:18-32.
- SAUNDERS, D.A., R.J. HOBBS & P.R. EHRICH, 1993: Nature Conservation: III. Reconstruction of fragmented ecosystems, global and regional perspectives. – Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, New South Wales, Australia.
- STACH, J., 1947-1963: The Apterygotan Fauna of Poland in Relation to the World-Fauna of this group of Insects. Tribe: *Entomobryini*. 1963, 1-126. Tribe: *Orchesellini*. 1960, 1-151. Family: *Sminthuridae*. 1956, 1-287. – Polska Akademia Nauk, Kraków.
- TURNER, I.M., 1996: Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. – Journal of Applied Ecology, 33:200-209.
- VAN STRAALEN, N.M., 1998: Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. – Applied Soil Ecology, 9:429-437.
- WAITZBAUER, W., 1990: Die Naturschutzgebiete der Hundsheimer Berge in Niederösterreich. Entwicklung, Gefährdung, Schutz. – Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft 24:1-88.
- WILSON, E.O., 1992: The Diversity of Life. – Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- WINKLEHNER, R., H. WINKLER & C. KAMPICHLER, 1997: Estimating local species richness of epigeic Collembola in temperate dry grassland. – Pedobiologia, 41:154-158.
- WINKLER, H. & C. KAMPICHLER, 1999: Artensättigung epigäischer Collembolesgemeinschaften in Trockenrasen. Species saturation in communities of epigeic Collembola in temperate dry grassland. – Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 29:161-167.
- WINKLER, H. & C. KAMPICHLER, 2000: Local and regional species richness in communities of surface-dwelling grassland Collembola: indication of species saturation. – Ecography, 23:385-392.
- ZIMBARS, U. & W. DUNGER, 1994: Synopsis on Palaearctic Collemboles: Tullberginae. – Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz, 68:1-70.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologica Austriaca](#)

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: [0009](#)

Autor(en)/Author(s): Querner Pascal

Artikel/Article: [Diversität von Collembolen auf fragmentierten Trockenrasen. 3-7](#)