

Rezepte für ein Pollenbrot – heute: *Osmia rufa*

Recipes for a Pollen Bread – today: *Osmia rufa*

JULIA BUDDE & KLAUS LUNAU

Zusammenfassung: Der Proteingehalt von Pollen schwankt zwischen 2,5 und 61 %. Dadurch besteht für polylektische Bienenweibchen wie *Osmia rufa* das Risiko einer Fehlverproviantierung ihres Nachwuchses durch Eintragen proteinarmen Pollens. Zusätzlich entstehen Kosten durch Eintragen zu geringer oder zu großer Pollenmengen. Wir haben die Proteinmenge der von *Osmia rufa*-Weibchen für einzelne Nestzellen gesammelten Pollenbrote unter dem Aspekt der Risikovermeidung untersucht. Hierzu haben wir die Pollenzusammensetzung, das Gewicht und den Proteingehalt von Pollenbrot sowie den Proteingehalt der einzelnen Pollenarten, die typischerweise in *Osmia rufa*-Pollenbrot nachgewiesen wurden, aus Pollenproben, die an Blüten gesammelt wurden, bestimmt. Das Pollenbrot-Gewicht erlaubt eine Vorhersage des Geschlechts des Nachkommen: Männchen schlüpfen stets aus leichteren Pollenbrot. In einem *Osmia rufa*-Pollenbrot kommen mindestens drei verschiedene Pollenarten vor, deren Proteingehalt unterschiedlich ist: *Quercus*-Pollen (30 %), Ranunculaceen-Pollen (28 %), Salicaceen-Pollen (20-29 %) und Rosaceen-Pollen (27-33 %). Der Proteingehalt der Pollenbrote ist stark vom Gewicht abhängig. Wir schließen daraus, dass die Mischung verschiedener Pollenarten für einen relativ konstanten Proteingehalt sorgt.

Schlüsselwörter: *Osmia rufa*, Proteingehalt, Pollenbrot, Risikovermeidung, Pollen

Summary: The protein content of pollen varies between 2.5 and 61 %. Therefore polylectic female bees like *Osmia rufa* face the risk of underprovisioning their offspring by collecting pollen with low protein content. We investigated the amount of protein in pollen breads of *Osmia rufa* brood cells to study the minimisation of risk in the context of pollen provisioning. For this purpose we determined pollen composition, weight and protein content of pollen breads as well as the protein content of typical pollen, found in *Osmia rufa* pollen breads, from samples of pure pollen collected from flowers. The pollen bread weight allows the prediction of the offspring's sex: Male offspring emerged from lighter pollen breads. Usually *Osmia rufa* pollen breads are mixtures of at least three kinds of pollen with different protein content: *Quercus* pollen (30 %), Ranunculaceae pollen (28 %), Salicaceae pollen (20-29 %) and Rosaceae pollen (27-33 %). The protein content strongly depends on the weight of pollen breads. We conclude that mixing different types of pollen ensures constant protein content of pollen breads.

Keywords: *Osmia rufa*, protein content, pollen bread, risk avoidance, pollen

1. Einleitung

Pollen besitzt eine Vielzahl von Inhaltsstoffen, u. a. Proteine, Lipide, Kohlenhydrate, Mineralstoffe und Vitamine, die sich in Art und Menge bei den verschiedenen Pflanzenfamilien unterscheiden (COLIN & JONES 1980; STANLEY & LINSKENS 1984; SLANSKY & RODRIGUEZ 1986; ROULSTON et al. 2000; SITTE et al. 1998;

BUDDE et al. 2004). Sein Gehalt an Proteinen ist besonders hoch. Einige Inhaltsstoffe im Pollen sind Phagostimulantien, die bei Bienen und anderen Blütenbesuchern das Sammeln und Fressen des Pollens auslösen (SCHMIDT 1985; SCHMIDT & BUCHMANN 1985). Pollen bildet den Hauptbestandteil der Verproviantierung von Larven solitärer Bienen (Pollenbrot). Während soziale Bienen, wie die

Honigbienen und Hummeln, ihre Larven mit Pollen füttern (Brutpflege), legen solitäre Bienen vor der Eiablage für jede einzelne Larve in einer Brutzelle einen Pollenvorrat an (Brutfürsorge). Zusätzlich können dem Pollenbrot zuckerhaltiger Nektar oder – seltener – Öle beigefügt werden.

Da oft ein ausgeprägter Geschlechtsdimorphismus bezüglich der Körpergröße vorliegt, kann das Solitärbiene weibchen vor der Eiablage über die bereitgestellte Pollenmenge den Größenunterschied der Geschlechter beeinflussen.

Honigbienenweibchen können mit ihrem sensorischen Apparat den Nährstoffgehalt des gesammelten Pollens nicht messen (WESTERKAMP 1996). Die mütterliche Investition in Art und Menge des Pollenvorrates für jede einzelne Brutzelle entscheidet jedoch über Erfolg oder Misserfolg der Larvenentwicklung, Körpergröße und die mögliche Anzahl der Nachkommen, da eine optimierte Verproviantierung die Anlage weiterer Brutzellen möglich macht. Der Proteingehalt von Pollen entomophiler Angiospermen korreliert mit der Griffellänge der zugehörigen Pflanzenart und schwankt zwischen 2,5 und 61 %, also um mehr als den Faktor 20 (ROULSTON et al. 2000). Das bedeutet, dass ein Biene weibchen, das beliebigen Pollen zur Nestverproviantierung sammelt, das mehr als 20fache einer notwendigen Mindestmenge eintragen müsste, um das durch den unterschiedlichen Proteingehalt entstehende Risiko der Unterverproviantierung vollständig auszugleichen. Überverproviantierung dagegen würde die Anzahl der Nachkommen beschränken, weil mehr Sammelflüge pro Brutzelle aufgewendet würden.

Nur wenige extrem spezialisierte Solitärbiene nutzen ein so stark eingeschränktes Spektrum von Pollenfutterpflanzen, dass sie ausschließlich mit Pollen eines bestimmten Nährstoffgehalts ihre Nestzellen verproviantieren (WASER 1986; WESTRICH 1989, 1990; SKOV 2000; SCHRÖDER & LUNAU 2001). Solche monolektischen Solitärbiene könnten über

die eingetragene Pollenmenge recht genau die Nährstoffmenge für einzelne Larven festlegen. Polylektische Solitärbiene aber, die ein großes Spektrum von Pollenfutterpflanzen nutzen und mit Pollen, der zumindest potenziell einen stark unterschiedlichen Nährstoffgehalt hat, ihre Nestzellen verproviantieren, müssen andere Strategien einsetzen, um das Risiko einer Fehlverproviantierung zu minimieren.

In der vorliegenden Studie untersuchen wir, ob polylektische Biene weibchen eine Strategie entwickelt haben, durch regelmäßiges Mischen des Pollens verschiedener Futterpflanzen in jeder Nestzelle das Risiko der Fehlverproviantierung zu minimieren. Wir prüfen einzelne Nestzellen der polylektischen Mauerbiene *Osmia rufa* (Linné, 1758) (Megachilidae, Apoidea) auf ihre Anteile an Pollenkörnern verschiedener Pollenfutterpflanzen. Dafür haben wir Pollenbrote gesammelt, um sie auf ihre Zusammensetzung und ihren Proteingehalt hin zu untersuchen. Des Weiteren wurde Pollen der häufigsten Pollenfutterpflanzen, die in den Pollenbroten nachgewiesen wurden, an natürlichen Blüten von Hand gesammelt und deren Proteingehalt ermittelt.

2. Material und Methoden

Pollenbrote von *Osmia rufa* wurden im Botanischen Garten der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf aus Nestern der zahlreichen Wildbiene-Nisthilfen gesammelt (WALGE & LUNAU 2002/2003).

Jedes der 76 gesammelten Pollenbrote wurde mit einer Waage (ScalTec SBA33) gewogen und dann mit einem Zahnstocher in einem Aufbewahrungsglas durchmischt. Danach wurde ein Auszug davon unter einem Mikroskop betrachtet. Mit einer Digitalkamera (Canon Ixus 330) wurden jeweils sieben bis zwölf Fotos gemacht und von diesen auf dem Computerbildschirm hundert Pollenkörner ausgezählt. Mit Hilfe von Vergleichspollen, einem Pollenherbar und Bestim-

mungsliteratur (BUCHER et al. 2004) wurden die Pollenkörner bestimmt.

Die auf den Pollenbrotten fressenden Junglarven wurden im Labor in künstlichen Nestzellen auf einen Pollenvorrat aus Höschchenpollen von Honigbienen gesetzt. Sechzehn dieser umgesetzten Larven verpuppten sich und entwickelten sich zur Imago. Der Korkon wurde an der Kopfseite vorsichtig geöffnet. Anhand der „Gesichtsbehaarung“ konnte das Geschlecht bestimmt werden, da *Osmia*-Männchen eine deutliche weiße „Behaarung“ aufweisen. Damit konnte das Gewicht des natürlichen Pollenbrotes mit dem Geschlecht der darauf sich ursprünglich entwickelnden Bienen in Beziehung gebracht werden.

Der Proteingehalt von 39 dieser Pollenbrote wurde nach Bradford bestimmt (vgl. auch ROULSTON et al. 2000; BUDDE et al. 2004). Nach derselben Methode wurde auch der Proteingehalt der Pollenarten ermittelt, die am häufigsten in den *Osmia*-Pollenbrotten nachgewiesen werden konnten. Pollen verschiedener Pollenfutterpflanzen wurde ebenfalls im Botanischen Garten der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf in der Flugzeit von *Osmia rufa* gesammelt.

3. Ergebnisse

Die Gewichte der Pollenbrote von *Osmia rufa* zeigen eine bimodale Verteilung (Abb. 1). Ein Maximum liegt deutlich bei ca. 160 mg, ein zweites zwischen 250 und 350 mg. Männliche *Osmia rufa*-Bienen schlüpfen nur bei den leichteren und weibliche nur bei den schweren Pollenbrotten (Abb.1).

Abbildung 2 zeigt den durchschnittlichen prozentualen Anteil von Pollenarten in 76 Pollenbrotten sowie die Häufigkeit der Pollenkörner der einzelnen Pollenfutterpflanzen. In 60 der Pollenbrote wurde Fagaceen-Pollen der Gattung *Quercus* nachgewiesen. Der Anteil des *Quercus*-Pollens beträgt im Durchschnitt etwa 24 %, schwankte aber in einzelnen Pollenbrotten zwischen 0 und 83 %. In 53 Pollenbrotten war Ranunculaceen-Pollen (durchschnittlich 22 %, Schwankungsbreite zwischen 0 und 93 %). In 48 Pollenbrotten fand sich Rosaceen-Pollen, darunter fast nur Obstbäume mit einem durchschnittlichen Anteil von 19 % (Schwankungsbreite zwischen 0 und 73 %). In 15 Pollenbrotten war Salicaceen-Pollen mit durchschnittlich 5 % (Schwankungsbreite zwischen 0 und 83 %) vorhanden. Fünfundfünfzig Pollenbrote ent-

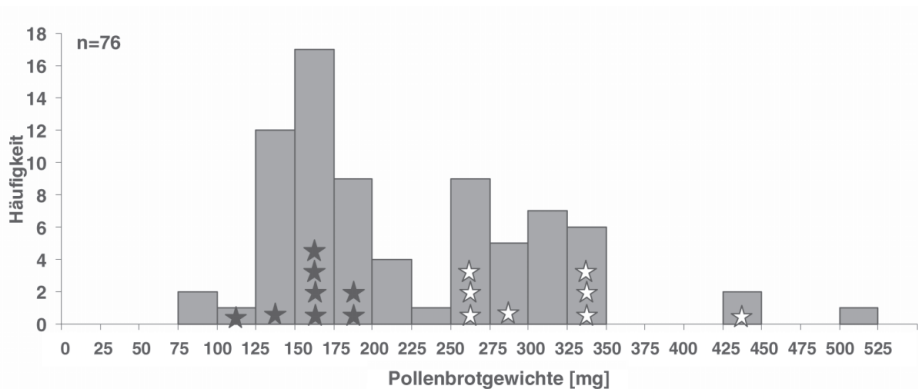


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der Pollenbrotgewichte (Frischgewicht) von *Osmia rufa*. Schwarzer Stern: dazugehörige Larve entwickelte sich zu einem Männchen, weißer Stern: dazugehörige Larve entwickelte sich zu einem Weibchen.

Fig. 1: Frequency distribution of weights of pollen breads from *Osmia rufa*. Black star: larvae developed into a male bee, white star: larvae developed into a female.

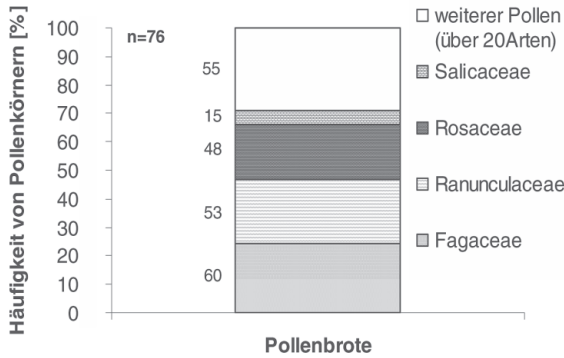


Abb. 2: Durchschnittlicher Anteil von Pollenkörnern verschiedener Pflanzen in Pollenbroten von *Osmia rufa* in Prozent. Die Zahl zeigt an, in wie vielen der 76 Pollenbrote diese Pollenart gefunden wurde.

Fig. 2: Mean percentage of pollen grains of different species in pollen breads of *Osmia rufa*. The number indicates how many of 76 analysed pollen breads contained this type of pollen.

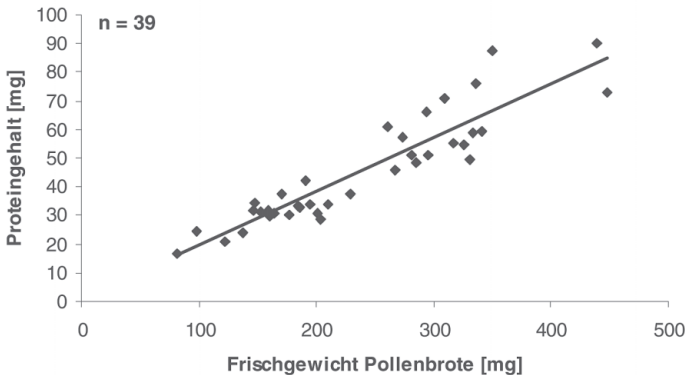


Abb. 3: Korrelation zwischen Proteingehalt und Pollenbrotgewicht von 39 der Pollenbrote von *Osmia rufa*. Lineare Regression: $R = 0,92$; $p < 0,001$.

Fig. 3: Correlation between protein content and pollen bread weight of 39 pollen breads of *Osmia rufa*. Linear regression: $R = 0.92$; $p < 0.001$.

hielten Anteile weiterer Pollenarten (über 20 verschiedene Arten) mit einem Anteil $< 5\%$. In den Pollenbroten, in denen sie auftraten, konnte der betreffende Pollen aber durchaus einen sehr hohen Anteil (bis zu 85 %) ausmachen. Pollenbrote mit nur einer Pollenart waren nicht nachzuweisen, sondern ausschließlich Pollenbrote mit Mischungen von mindestens drei Pollenarten.

Der Proteingehalt von 39 Pollenbroten ist in Abbildung 3 in Abhängigkeit von ihrem Gewicht aufgetragen. Eine Korrelationsana-

lyse erbrachte einen stark positiven Zusammenhang ($R = 0,92$; $p < 0,001$) zwischen Frischgewicht und Proteingehalt.

In Abbildung 4 ist der Proteingehalt der Pollenarten, die am häufigsten in den *Osmia*-Pollenbroten auftauchten, dargestellt. Der Proteingehalt von *Quercus robur*-Pollen beträgt knapp über 30 %; Ranunculaceen-Pollen (*Ranunculus acris* und *Ranunculus repens*) hat einen Proteingehalt von 28 %. Der Proteingehalt des Pollens verschiedener Obstbäume schwankt zwischen 27 (*Pyrus communis*) und

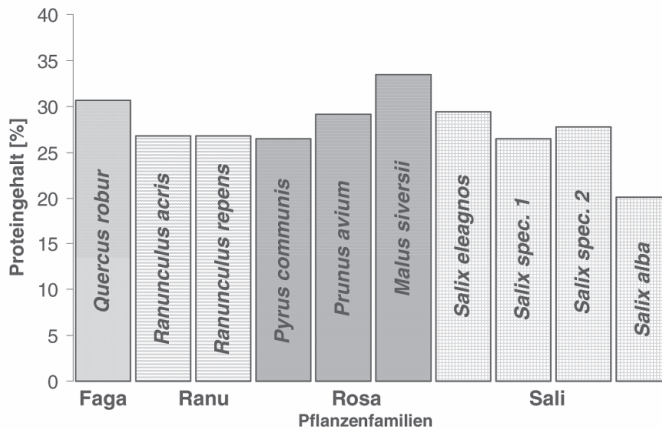


Abb. 4: Proteingehalt der Pollen von den häufigsten Pollenfutterpflanzen von *Osmia rufa* in Prozent des Frischgewichtes, gruppiert nach Familienzugehörigkeit: Fagaceae (Faga), Ranunculaceae (Ranu), Rosaceae (Rosa), Salicaceae (Sali).

Fig. 4: Pollen protein content of plants mostly used by *Osmia rufa* as pollen sources, grouped by plant family: Fagaceae (Faga), Ranunculaceae (Ranu), Rosaceae (Rosa), Salicaceae (Sali).

33 % (*Malus siversii*). Verschiedene *Salix*-Arten zeigen einen Proteingehalt zwischen 20 und 29 %. Die eingetragenen Hauptpollenarten besitzen demnach einen Proteingehalt zwischen 20 und 33 %.

4. Diskussion

Die zweigipfelige Verteilung der Pollenbrotgewichte von *Osmia rufa* zeigt, dass die *Osmia*-Weibchen offenbar leichte und schwere Pollenbrote bereitstellen. Da Bienenmännchen aus unbefruchteten Eiern schlüpfen, kann das Bienenweibchen bei der Eiablage das Geschlecht des Nachwuchses festlegen. Weibchen entwickelten sich ausschließlich bei schwereren, Männchen dagegen ausschließlich bei leichteren Pollenbroten. Männchen erhalten weniger Proviant als Weibchen. Durch die unterschiedliche Verproviantierung kann auch der Größendimorphismus erklärt werden. Weibchen von *Osmia rufa* sind beträchtlich größer als artgleiche Männchen (MADDOCKS & PAULUS 1987). Das Gewicht des Pollenbrotes kann als Anhaltspunkt für die Vorhersagbarkeit des Geschlechts dienen. Wegen eines großen Überlappungsbereiches

dieser Gewichte konnten andere Autoren (MADDOCKS & PAULUS 1987) nicht eindeutig allein vom Gewicht des Pollenbrotes auf das Geschlecht des Nachwuchses schließen. Hinzu kommt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine Biene ein „falsches“ Ei in eine Brutzelle legt, etwa 6,6 % beträgt (RAW & O'TOOLE 1979).

Für nestbauende Solitärbiene Weibchen wurde eine gewisse Blütenstetigkeit, zumindest über die Anlage der Brutzellen eines Nestes hinweg, angenommen (RAW 1974). Dagegen beobachtete DANIELS (unveröffentlicht), dass *Osmia rufa* teilweise vormittags anderen Pollen eintrug als nachmittags und dass in 10 % der Brutzellen mehr als eine Pollenart eingetragen worden war. Sämtliche von uns untersuchten Pollenbrote zeigen eine Mischung aus Pollen von mindestens drei verschiedenen Pollenfutterpflanzen. Pollenbrote mit Pollen nur einer Pollenfutterpflanze wurden nicht beobachtet. Da die Brutzellen nacheinander in linearer Anordnung mit Pollen verproviantiert werden, müssen die Bienenweibchen während eines Sammelfluges oder auf unmittelbar aufeinanderfolgenden Sammelflügen verschiedene Pollenfutterpflanzen aufge-

sucht haben. Mit den dabei gesammelten Pollenmischungen (vor allem Fagaceen-, Ranunculaceen-, Rosaceen- und Salicaceen-Pollen) müssen sie jede einzelne Brutzelle verproviantiert haben.

Die *Osmia*-Weibchen mischen bei der Proviantierung individueller Brutzellen demnach Pollen verschiedener Pflanzenarten gezielt miteinander. Als polylektisch würden bereits Bienenarten bezeichnet werden, bei der sich einzelne Individuen auf unterschiedliche Pollenfutterpflanzen spezialisieren, diese jedoch im Laufe ihres Lebens oder beim Proviantieren einzelner Brutzellen nicht wechseln. Das hier beobachtete Verhalten von aktiv zusammengestellten Pollenmischungen für einzelne Pollenbrote geht weit darüber hinaus. Insgesamt wurde Pollen von über 25 verschiedenen Pflanzenarten nachgewiesen. Ein Proteingehalt von mehr als 17 % in der Larvennahrung wird von *Osmia lignaria* benötigt, um eine normale Entwicklung der Brut zu gewährleisten (LEVIN & HAYDAK 1957). Der Proteingehalt der 39 von uns untersuchten Pollenbrote betrug etwa $19,19\% \pm 2,84\%$ des Frischgewichtes. Dieser Wert liegt unterhalb der für die reinen Pollen gefundenen Proteinmengen, da vermutlich beigemischter Nektar das Gesamtgewicht eines Pollenbrotes erhöht, ohne die Proteinmenge zu beeinflussen.

Von Honigbienen weiß man, dass sie keinen sensorischen Sinn zum Messen des Pollenproteingehalts haben, denn sie tragen auch Stoffe ein, die pollenähnliche Struktur, aber keinerlei Nährwert aufweisen, wie Kohlenstaub, feinen Sandstaub und feines Holzmehl (ROULSTON & CANE 2002). Es ist davon auszugehen, dass auch *Osmia rufa* den Proteingehalt des Pollens nicht sensorisch erfassen kann und demnach Gefahr läuft, ihren Nachwuchs unterzuverproviantieren. Unsere Ergebnisse zeigen, dass das *Osmia rufa*-Weibchen durch eine Mischung verschiedener Pollenarten versucht, diese Unsicherheit über den eingetragenen Energiegehalt auszugleichen. Der von ihr eingetragene Pollen schwankt in

seinem Proteingehalt zwischen 20 und 33 %. Die Mischung verschiedener Pollenarten führt zu einem über das Pollenbrotgewicht relativ gut vorhersagbaren Proteingehalt. Die eingetragene Proteinmenge für die Entwicklung von männlichen oder weiblichen Nachwuchs kann über das Gewicht des Pollenbrotes eingestellt werden.

Danksagung

Die Autoren danken E. POGGEL für Anlage und Pflege des Pollenherbars.

Literatur

- BUCHER, E., KOFLER, V., VORWOHL, G., & ZIEGLER, E. (2004): Das Pollenbild der südtiroler Honige. Biologisches Labor der Landesagentur für Umwelt und Arbeitsschutz; Leifers
- BUDDÉ, J., RECKERT, A., SPORER, F., WINK, M., ELTZ, T., & LUNAU, K. (2004): Beiträge zur Evolution der Oligolektie bei solitären Bienen der Gattung *Andrena*. *Entomologie heute* 16: 191-200
- COLIN, L.J., & JONES, C.E. (1980): Pollen energetics and pollination. *American Journal of Botany* 67: 210-215
- LEVIN, M.D., & HAYDAK, M.H. (1957): Comparative value of different pollens in the nutrition of *Osmia lignaria*. *Bee World* 38: 221-226
- MADDOCKS, R., & PAULUS, H.F. (1987): Quantitative Aspekte der Brutbiologie von *Osmia rufa* L. und *Osmia cornuta* LATR. (Hymenoptera, Megachilidae): Eine vergleichende Untersuchung zu Mechanismen der Konkurrenz-minderung zweier nahverwandter Bienenarten. *Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere* 114: 15-44.
- RAW, A. (1974): Pollen preferences of three *Osmia* species (Hymenoptera). *Oikos* 25: 54-60.
- RAW, A., & O'TOOLE, C. (1979): Errors in the sex of eggs laid by the solitary bee *Osmia rufa* (Megachilidae). *Behaviour* 70: 168-171.
- ROULSTON, T.H., & CANE, J.H. (2002): The effect of pollen protein concentration on body size in the sweat bee *Lasioglossum zephyrum* (Hymenoptera: Apiformes). *Evolutionary Ecology* 16: 49-65.

- ROULSTON, T.H., CANE, J.H., & BUCHMANN, S.L. (2000): What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interactions or phylogeny? *Ecological Monographs* 70: 617-643.
- SCHMIDT, J.O. (1985): Phagostimulants in pollen. *Journal of Apicultural Research* 24: 107-114.
- SCHMIDT, J.O., & BUCHMANN, S.L. (1985): Pollen digestion and nitrogen utilization by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Comparative Biochemistry and Physiology* 82A: 499-503.
- SCHRÖDER, S., & LUNAU, K. (2001): Die oligolektische Sandbiene *Andrena florea* und die Rote Zaunrube *Byonia dioica* – Schnittstelle zweier spezialisierter Fortpflanzungssysteme. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine angewandte Entomologie* 13: 529-533.
- SITTE, P., WEILER, E.W., KADEREIT, J.W., & BRENSINSKY, A. (1998): *Straßburger Lehrbuch der Botanik*. 34. Auflage. Gustav Fischer Verlag; Jena.
- SKOV, C. (2000): Oligolectic bees in Denmark: how and why are they specialised in their foraging? *Det Norske Videnskaps-Akademi. I. Matematisk Naturvidenskapelige Klasse, Skrifter, Ny Serie* 39: 43-53.
- SLANSKY, F., & RODRIGUEZ, J.G. (1986): *Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates*. John Wiley & Sons; New York.
- STANLEY, R.G., & LINSKENS, H.F. (1984): *Pollen*. Springer Verlag; Berlin.
- WALGE, C., & LUNAU, K. (2002/03): Die Wildbienenfauna (Hymenoptera, Apoidea) auf dem Campus der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf. *Acta Biologica Benrodis* 11: 27-44.
- WASER, N.M. (1986): Flower constancy: definition, cause and measurement. *The American Naturalist* 127: 593-603.
- WESTERKAMP, C. (1996): Pollen in bee - flower relations: some considerations on melittophily. *Botanica Acta* 109: 325-332.
- WESTRICH, P. (1989): *Die Wildbienen Baden-Württembergs I*. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.
- WESTRICH, P. (1990): *Die Wildbienen Baden-Württembergs II*. Verlag Eugen Ulmer; Stuttgart.

Julia Budde
 Prof. Dr. Klaus Lunau
 AG Sinnesökologie
 Institut für Neurobiologie
 Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
 Universitätsstraße 1
 D-40225 Düsseldorf
 E-Mail: j.i.budde@gmx.net
 lunau@uni-duesseldorf.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologie heute](#)

Jahr/Year: 2007

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Budde Julia, Lunau Klaus

Artikel/Article: [Rezepte für ein Pollenbrot - heute: Osmia rufa. Recipes for a Pollen Bread - today: Osmia rufa 173-179](#)