

Bewertung von Feuchtgebieten und Grundwasserentnahmen anhand von Laufkäfern

Richard RASKIN

Abstract: Evaluation of humid areas and groundwater withdrawals using carabids. – According to the current law situation (BNatSchG, UVPG) regarding groundwater withdrawals water-economical and ecological interests have to be considered similarly. The continuing decrease of the groundwater level represents an interference in nature and landscape, where the habitat conditions of animals and plants are strongly affected.

At the beginning of the 1990's a strategic concept for environmental groundwater extraction has already been developed and converted at the Vogelsberg region in Hessen. The idea of this procedure is to preserve the existing humid fields in the encouraged areas with their typical flora and fauna.

During the process of this environmental increase of groundwater carabids are used to evaluate humid areas and groundwater withdrawals:

- professional evaluation of humid areas in nature conservation,
- sensitivity evaluation of humid areas regarding the changes of the water regime as well as
- the evaluation and control of groundwater withdrawals.

1 Einleitung

Nach der aktuellen Gesetzeslage (BNatSchG, UVPG) sind bei Grundwasserentnahmen wasserwirtschaftliche und ökologische Belange gleichermaßen zu berücksichtigen. Die dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels, soweit dadurch die Lebensbedingungen für Tiere und Pflanzen nachhaltig beeinträchtigt werden können, stellt einen Eingriff in Natur und Landschaft dar (§ 5 (2) HENatG).

Zur Beurteilung, ob ein Feuchtgebiet durch eine Grundwasserentnahme beeinträchtigt wird, ist daher aus naturschutzrechtlicher Sicht die Fauna explizit zu berücksichtigen. Für die Verteilung von Laufkäfern ist der Grundwasserstand sowohl im Feuchtgrünland als auch in Wäldern der entscheidende Bodenparameter (IRMLER et al. 1998; IRMLER 1999/2000; FIGURA et al. 2001). Zudem sind Laufkäfer geeignete zoologische Indikatoren, die auf Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes schnell reagieren (RIECKEN 1992). So zeigen Carabidenzönosen beispielsweise anthropogene Eingriffe in den Wasserhaushalt von Wäldern schneller an als die Vegetation (THIELE & WEISS 1976; POSPISCHIL & THIELE 1979).

Weiterhin liefern Laufkäfer, aufgrund ihrer engen Bindung an die jeweiligen Boden- und Wasserverhältnisse, zahlreiche Informationen zu standörtlichen Gegebenheiten und funktionalen

Zusammenhängen in ihren Lebensräumen, die weit über die hinausgehen, die durch die Erfassung der Vegetation oder Abiotik (Wasser, Boden) erzielt werden können (HENLE et al. 2000). Durch ihre Mobilität und die unterschiedlichen Ansprüche ihrer Entwicklungsstadien sind Tierarten vielfach auf Lebensraumkomplexe angewiesen, die speziell in Feuchtgebieten oftmals starken jahreszeitlichen, periodisch auftretenden Schwankungen unterworfen sind.

Nachfolgend wird am Beispiel der in Hessen entwickelten umweltschonenden Grundwassergewinnung gezeigt, wie Laufkäfer in verschiedenen Bewertungsschritten eingesetzt werden.

2 Umweltschonende Grundwassergewinnung

2.1 Verfahrensgebiet

Im Vogelsberg (Hessen) wird seit 1873 Grundwasser gefördert. Aktuell werden in elf Fördergebieten 65 Mio. m³/a Grundwasser für die lokale und regionale Wasserversorgung (v.a. Großraum Frankfurt) entnommen (Abb. 1). Bis 1990 erfolgte die Förderung rein nach wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Hierdurch werden Feuchtgebiete, Quellen und Bäche beeinträchtigt.

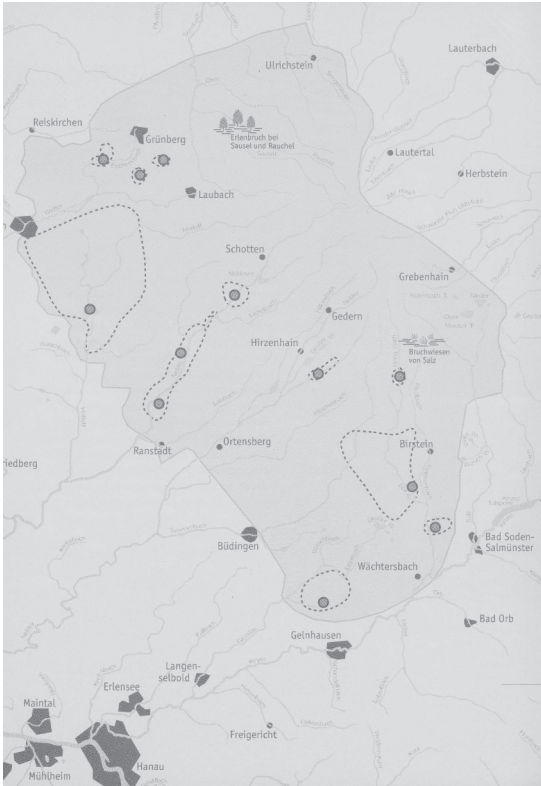


Abb. 1 (links): Lage der Grundwasser-Fördergebiete im Verfahrensgebiet „Vogelsberg“.

Abb. 2 (oben): In den Grundwasser-Fördergebieten im Vogelsberg sind bestehende Feuchtgebiete zu erhalten. Hierzu zählt auch dieser Erlenbruchwald im Fördergebiet Orbes, in dem die landesweit vom Aussterben bedrohte Laufkäferart *Blethisa multipunctata* lebt.

Als Reaktion auf den Widerstand in der Bevölkerung vor Ort findet unter Federführung des hessischen Umweltministeriums (HMULV) eine Umgestaltung der wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen hin zu einer umweltschonenden Grundwassergewinnung statt.

2.2 Konzeption

Ziel der umweltschonenden Grundwassergewinnung im Vogelsberg ist die Erhaltung der in den Fördergebieten noch bestehenden Feuchtgebiete mit ihrer Flora und Fauna (Abb. 2). Hierzu sind die umweltschonend förderbaren Grundwassermengen, bei denen bestehende Feuchtgebiete nicht beeinträchtigt werden, zu ermitteln (Abb. 3). Je nach Auswirkungen sind auch Rücknahmen der Förderung vorgesehen. Das neue Verfahren erfordert eine integrierte Betrachtung der hydrogeologisch - wasserwirtschaftlichen und landschaftsökologischen Wirkungszusammenhänge (DENNEBORG & RASKIN 1995).

Das strategische Konzept besteht aus zwei Bausteinen. Grundlage ist die übergreifende Bewertung der Wassergewinnung in den elf Fördergebieten hinsichtlich Naturschutzwert und ökologischem Risiko (AHU & RASKIN 2001). Die Umsetzung erfolgt anhand eines Leitfadens zur Durchführung von Untersuchungen im Rahmen von Wasserrechtsanträgen (AHU & RASKIN 2004, Abb. 3). Unter Anpassung an die örtlichen Verhältnisse kann das Verfahren bundesweit eingesetzt werden.

3 Erfassungsmethode

Hinsichtlich einer Vergleichbarkeit der einzelnen Fördergebiete wird zur Erfassung der Laufkäfer ein wissenschaftlich anerkannter und Monitoring tauglicher Minimalstandard vorgegeben (vgl. RIECKEN 1992; TRAUTNER 1992 u.a.). Je Untersuchungs- bzw. Monitoringfläche werden 6 Bodenfallen mit einem Durchmesser von 10 cm eingesetzt. Als Fang- und Konservierungsflüssigkeit dient jeweils etwa 125 ml 70%iges Ethylenglykol, das mit einem

Entspannungsmittel versetzt wird. Die Erfassung erfolgt während 6 zweiwöchiger Fangperioden:

- 4 Fangperioden im Frühjahr ab Löwenzahnblüte (ca. April - Juni) und
- 2 Fangperioden im Spätsommer (September).

4 Bewertungsverfahren

Bei der Umsetzung der umweltschonenden Grundwassergewinnung werden Laufkäfer zur Bewertung von Feuchtgebieten und Grundwasserentnahmen in verschiedenen Verfahrensschritten eingesetzt:

- übergreifende naturschutzfachliche Bewertung von Feuchtgebieten in verschiedenen Fördergebieten,
- Bewertung der landschaftsökologischen Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes sowie
- Monitoring und Steuerung von Grundwasserentnahmen.

Die verschiedenen Verfahren werden nachfolgend erläutert.

4.1 Naturschutzfachliche Bewertung von Feuchtgebieten

Die Feuchtgebiete in den verschiedenen Fördergebieten werden übergreifend naturschutzfachlich bewertet. Diese Bewertung ist eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für die wasserrechtliche Bewilligung der Fördermengen (Erhöhung, Reduktion oder Aufgabe der Grundwasserförderung). Für die übergreifende Bewertung der Fördergebiete werden die folgenden Kriterien herangezogen:

- Größe der Flächen mit einem ökologischen Risiko,
- naturschutzrechtlicher Status (FFH, NSG, § 23 HENatG-Fläche),
- Biotopwert und
- Anzahl feuchteabhängiger Rote-Liste-Tierarten

Ein Fördergebiets-Ranking aus naturschutzfachlicher Sicht erfolgt unter anderem über die Anzahl feuchteabhängiger Rote-Liste-Tierarten (Laufkäfer, Heuschrecken und Bodenspinnen, Abb. 4). Die naturschutzfachliche Bewertung der einzelnen Fördergebiete ist aufgrund des Vorkommens von 1 bis 16 gefährdeten Tierarten bzw. 0 bis 10 gefährdeten Laufkäferarten einfach und nachvollziehbar. Die in Hessen stark gefährdeten Laufkäfer *Agonum versu-*

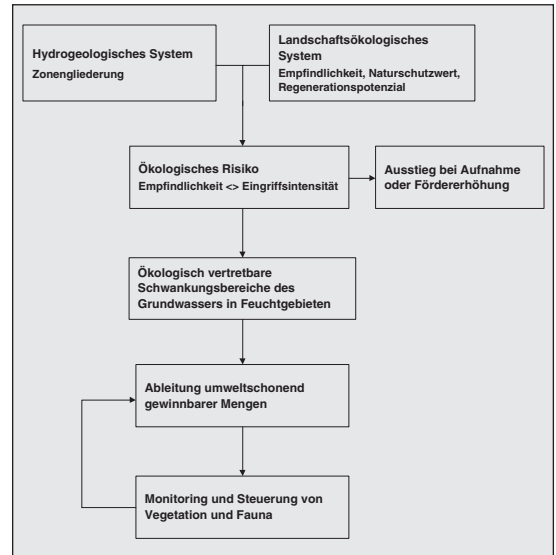


Abb. 3: Verfahrensweise der umweltschonenden Grundwassergewinnung in einem Fördergebiet.

tum und *Elapbrus uliginosus* sowie die vom Aussterben bedrohte *Blethisa multipunctata* kommen ausschließlich in Fördergebieten mit einer hohen Anzahl gefährdeter Arten vor.

4.2 Empfindlichkeitsbewertung von Feuchtgebieten

Wie bereits eingangs erwähnt, sind Laufkäfer geeignete Zeiger für die Wasserhaushaltsbedingungen an einem Standort. Folgende Kriterien einer Laufkäferzönose werden zur Beschreibung des Wasserhaushaltes herangezogen:

- Feuchtepräferenz¹,
- Biotoppräferenz sowie
- Fortpflanzungstyp und Flugvermögen.

Die Beurteilung erfolgt über die Ermittlung spezialisierter Arten bezogen auf die Gesamtaktivitätsdichte.

Hygrophile Arten reagieren in der Regel sehr empfindlich auf Veränderungen des Wasserhaushaltes (Tab. 1). Sie sind als Indikatoren zur Anzeige negativer Veränderungen besonders geeignet und werden dementsprechend für eine Empfindlich-

¹ Angaben zur Feuchtepräferenz von Laufkäfern sind gegenwärtig in der deutschsprachigen Fachliteratur noch sehr zerstreut und teilweise widersprüchlich. Die GAC bemüht sich aktuell um eine Zusammenfassung (s. <http://www.angewandte-carabidologie.de>).

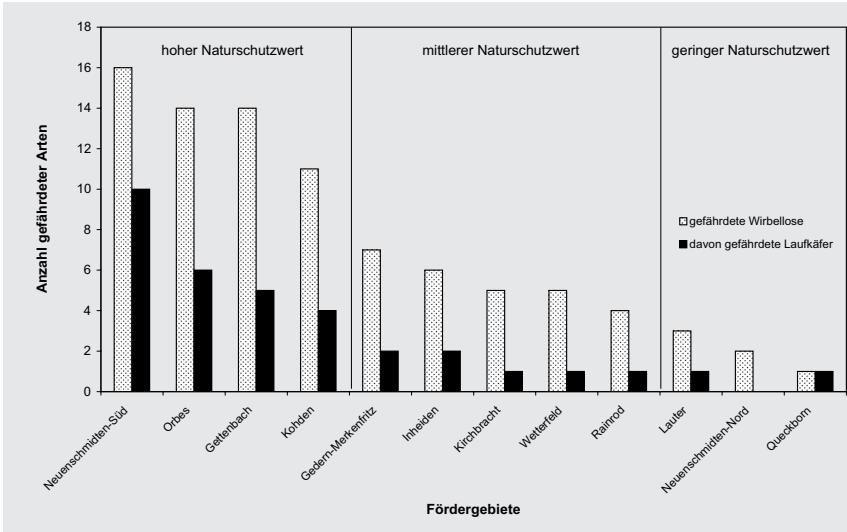


Abb. 4: Anzahl gefährdeter Tierarten in den Fördergebieten und der daraus abgeleitete faunistische Naturschutzwert.

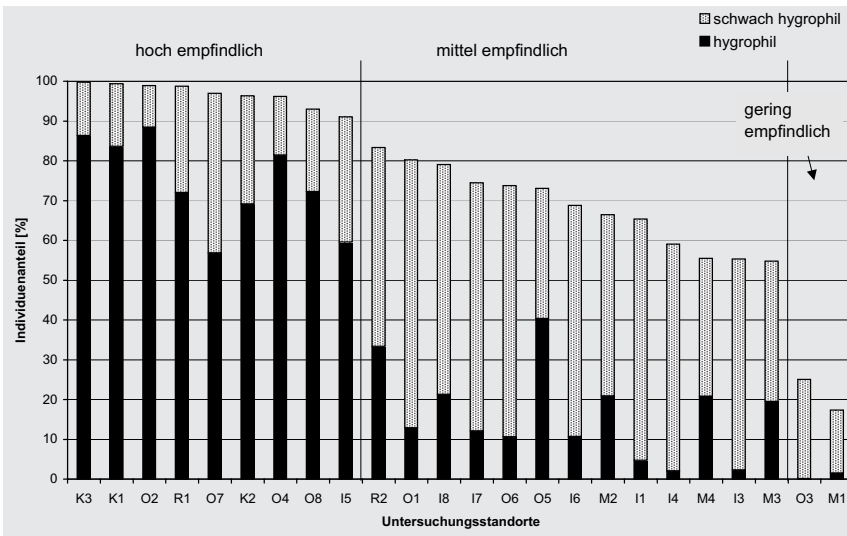


Abb. 5: Empfindlichkeitsbewertung von Laufkäferzönosen gegenüber Veränderungen des Wasserhaushaltes anhand der Dominanz hygrophiler Arten am Beispiel von 24 Standorten in 5 Grundwasser-Fördergebieten des westlichen Vogelsberges.

keitsbewertung von Feuchtgebieten herangezogen.

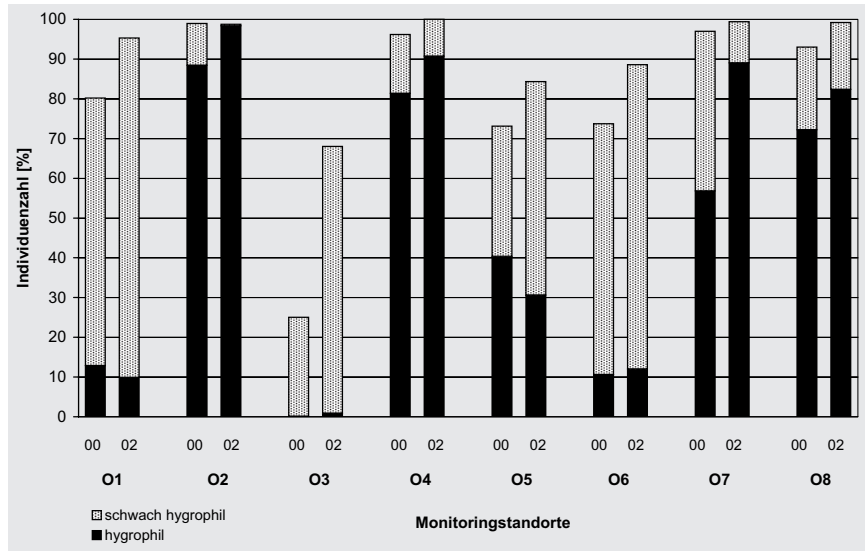
In 5 Fördergebieten des westlichen Vogelsberges wird die Empfindlichkeit der Laufkäfer gegenüber Veränderungen des Wasserhaushaltes wie folgt eingestuft (Abb. 5, Tab. 2):

Hoch empfindlich sind demnach Laufkäferzönosen, in denen der Dominanzanteil hygrophiler und schwach hygrophiler Arten über 90 % liegt. Mit einem Individuenanteil zwischen 50 % und 90 % sind verbreitete hygrophile Arten, wie *Agonum afrum*, *Bembidion biguttatum*, *Elaphrus cupreus*, *Euophilus fuliginosus*, *Pterostichus an-*

thracinus, *P. minor* und *P. nigrita*, eudominant. Weitere weniger häufige hygrophile Arten, wie *Agonum viduum*, *Badister peltatus*, *Euophilus micans*, *Oxypselaphus obscurus*, *Stenolophus teutonius* und die bereits genannten stark gefährdeten Arten (s. Kap. 4.1) kommen nur auf diesen nassen Standorten vor.

Der Wasserhaushalt der meisten hoch empfindlichen Standorte ist gekennzeichnet durch mittlere Grundwasserstände zwischen 0,06 m und 0,22 m unter Flur und häufige Überflutungsphasen. Zwei abgesenkte Standorte mit Grundwasserständen von 0,5 m bzw. 1,4 m zeichnen sich durch mehr-

Abb. 6: Individuenanteil hygrophiler Laufkäfer im Fördergebiet Orbes in den Monitoringjahren 2000 und 2002.



monatige Überstaunungen im Winterhalbjahr aus. Dies hängt damit zusammen, dass für die meisten Feuchtgebietsspezialisten die Dynamik des Bodenwasserhaushaltes genauso entscheidend ist wie der mittlere Grundwasserstand (HANDKE 1997; IRLER et al. 1998).

Mittel empfindlich sind Laufkäferzönosen mit einem Dominanzanteil (schwach) hygrophiler Arten zwischen 50 % und 90 %. Vorherrschend sind schwach hygrophile Laufkäfer. Der mittlere Grundwasserstand liegt zwischen 0,05 m und 0,95 m unter Flur. Im Gegensatz zu den hoch empfindlichen Standorten sind Überstaunungen selten und dauern allenfalls einige Wochen an.

Auf wechselfeuchten Standorten mit einer **geringen Empfindlichkeit** liegt der Dominanzanteil schwach hygrophiler Arten unter 30 %. Vorherrschend sind euryhygre Arten. Hierzu gehört auch ein ehemaliges Sumpffeggenried auf entwässertem Niedermoor. Durch die Absenkung des mittleren Grundwasserstandes auf 1,5 m unter Flur hat sich die Carabidenzönose komplett verändert. Es dominieren die euryöken Waldarten *Abax parallelepipedus* und *Carabus nemoralis*.

Während die Kriterien Feuchte- und Biotoppräferenz die mittleren Wasserhaushaltsbedingungen anzeigen, erlaubt die Dominanz flugfähiger Laufkäfer mit einer Frühjahrsfortpflanzung darüber hinaus Aussagen zur Dynamik des Wasserhaushaltes (vgl. TRAUTNER 1987; RIECKEN 1992; RASKIN 1998). Diese Artengruppe ist am besten an Standorte mit

Tab. 1: Einteilung der Feuchtepräferenzen.

Bezeichnung	Definition
h hygrophil	Arten, die sich mit Vorliebe an feuchten und nassen Stellen aufhalten (feuchteliebend); Arten, die ausschließlich an feuchten und nassen Standorten auftreten, werden als hygrobiont bezeichnet
(h) schwach hygrophil	Arten, die sich bevorzugt an feuchten und nassen Stellen aufhalten, daneben aber auch auf frischen und trockenen Standorten auftreten (schwach feuchteliebend)
eu euryhygr	keine Bevorzugung einer bestimmten Feuchtestufe, Art lebt in einem weiten Bereich unterschiedlichster Feuchtebedingungen (in diesen Präferenztyp werden auch hemihygre Arten gefasst, die mittlere Feuchtebedingungen bevorzugen)
(x) schwach xerophil	Arten, die sich bevorzugt an trockenen Stellen aufhalten, daneben aber auch auf frischen und feuchten Standorten auftreten
x xerophil	Arten, die sich mit Vorliebe an trockenen Stellen aufhalten (trockenheitliebend)

Tab. 2: Empfindlichkeitsbewertung von Laufkäferzönosen gegenüber Veränderungen des Wasserhaushaltes (s. auch Abb. 5).

Empfindlichkeit	Standorteigenschaften	Charakteristika der Laufkäferzönosen
hoch	nass: (An-)Moore, Sümpfe (Schlankseggenried, Waldsimsensumpf, Schilfröhricht, Erlenbruch)	Dominanzanteil (D) (schwach) hygrophiler Arten: D > 90 % Dominanz hygrophiler Arten: Agonum afrum, Bembidion biguttatum, Elaphrus cupreus, Europhilus fuliginosus, Pterostichus nigrita, P. minor, P. anthracinus und Carabus granulatus (h) außerdem exklusiv folgende Feuchtgebietsspezialisten: Agonum versutum, A. viduum, Badister peltatus, Blethisa multipunctata, Elaphrus uliginosus, Europhilus micans, Oodes helopioides, Oxypselaphus obscurus, Stenolophus teutonius und S. mixtus
mittel	feucht: bewirtschaftetes Feuchtgrünland, Auengehölze	Dominanzanteil (schwach) hygrophiler Arten: 50 % < D < 90 % Dominanz schwach hygrophiler Arten: Anisodactylus binotatus, Clivina fossor, Dyschirius globosus und Poecilus cupreus
gering	wechselfeucht: Feuchtgrünland (Auenboden oder entwässert), entwässertes Niedermoor	Dominanzanteil (schwach) hygrophiler Arten: D < 30 % Dominanz euryhygrer Arten: Abax parallelepipedus, Carabus nemoralis, Poecilus versicolor und Pterostichus melanarius

winterlichen Hochwassern angepasst. Ihr Dominanzanteil beträgt auf regelmäßig überfluteten Nassstandorten (Moore und Sümpfe) über 90 %. In den nicht oder nur kurzzeitig überfluteten Feuchtgrünländern liegt der Anteil zwischen 70 % und 90 %. Wechselfeuchte Standorte weisen Anteile zwischen 25 % und 60 % auf. In dem entwässerten Niedermoor liegt der Anteil nur noch bei 20 %.

4.3 Bewertung und Steuerung von Grundwasserentnahmen

Zur Erhaltung der Feuchtgebiete werden zunächst ökologisch vertretbare Schwankungsbereiche im Grundwasser nach hydrologischen und pedologischen Kriterien ermittelt. Auf dieser Grundlage werden die umweltschonend gewinnbaren Grundwassermengen abgeleitet (Abb. 3).

Zur Bewertung (Beweissicherung) und Steuerung der Grundwasserentnahmen wird ein landschaftsökologisches Monitoring durchgeführt. Das Monitoring ist als zeitliche Wiederholungs- und Vergleichsuntersuchung konzipiert, in dem auch Laufkäfer regelmäßig erfasst und bewertet werden. Das Zeitraster ist abhängig vom Förderregime (Rücknahme, Beibehaltung, Erhöhung oder Neuaufnahme). Der Abstand zwischen den Wiederholungsuntersuchungen beträgt 1 bis 5 Jahre.

Zur Bewertung der Grundwasserentnahmen anhand der Carabidenzönosen werden dieselben Kriterien herangezogen wie bei der Empfindlichkeitsbewertung (Kap. 4.2). Die Bewertung basiert darauf, dass an ungestörten Standorten die Verteilung der Arten und Individuen auf die ökologischen Typen über mehrere Jahre relativ konstant ist. Bei Austrocknung bzw. Wiedervernässung eines Feuchtgebietes ändert sich die Zusammensetzung der Artengemeinschaften und damit die der ökologischen Typen von Jahr zu Jahr (PLATEN 1995). Nachfolgend werden erste Monitoringergebnisse aus zwei Fördergebieten des Vogelsberges beispielhaft vorgestellt.

Im Fördergebiet Orbes wurde die Fördermenge im Jahr 2001 aufgrund der hohen naturschutzfachlichen Bedeutung im Rahmen der übergreifenden Bewertung reduziert. Außerdem war das Untersuchungsjahr 2002 mit 845 mm niederschlagsreicher als das Jahr 2000 mit 765 mm. An allen 8 Monitoringstandorten stieg die Anzahl der (schwach) hygrophilen Arten zwischen 2000 und 2002 an (Abb. 6).

Im Fördergebiet Gettenbachtal liegt ein kleines Niedermoor. Zu seiner Erhaltung wurde ein ökologischer Mindestgrundwasserstand von wenigstens 0,3 m unter Flur festgelegt. Dieser wurde in den Sommern 1997 bis 2001 um bis zu 0,2 m unterschritten. Neben der Absenkung des Grundwassers sind eine Vergrößerung der Schwankungsamplitude, eine Verkürzung der Vernässungs- und Überschwemmungsphasen sowie ein Abriss des Kapillarsaumes im Torfkörper (mit der Folge von Mineralisation und Nährstofffreisetzung) zu beobachten. Das Untersuchungsjahr 2001 war mit 961 mm niederschlagsreicher als das Jahr 1995 mit 864 mm.

Auf dem untersuchten Niedermoor wächst ein Waldsimsensumpf (*Scirpetum sylvatici*), in dem in beiden Monitoringjahren ausschließlich (schwach) hygrophile Laufkäfer auftraten. Es wurde allerdings ein Ausfall aller landesweit gefährdeten Feuchtgebietskäfer (*Cblaenius nigricornis*, *Demetrius monostigma* u.a.) sowie ein deutlicher Rückgang der Dominanz von Uferarten (v.a. *Agonum agrum* und *Oodes belopioides*) von 19 % auf 9 % festgestellt. An zwei Referenzstandorten betrug der Individuenanteil der Uferarten dagegen unverändert zwischen 16 % und 27 %.

Gravierende Veränderungen hat die Laufkäferfauna in einem an das Niedermoor angrenzenden kleinen Erlenwald erfahren. Hier fand ein Übergang von einer Feuchtwald- in eine Frischwaldzönose statt. Die Dominanz (schwach) hygrophiler Arten sank von 35 % auf 10 % (v.a. von *Platynus assimilis* und *Bembidion mannerheimii*). Qualitativ ist der Anteil feuchtepräferenter Arten von 9 auf 4 gesunken. Die Dominanz potentiell flugfähiger Frühjahrsbrüter ging von 57 % auf 16 % zurück.

In diesem Fördergebiet wurde das Ziel der umweltschonenden Grundwassergewinnung, die noch bestehenden Feuchtgebiete zu erhalten, nicht erreicht. Es ergaben sich folgende Konsequenzen:

- Verbesserung des Förderkonzeptes und der Brunnensteuerung sowie
- naturschutzrechtlicher Ausgleich (Umwandlung von ca. 2 ha Fichtenforst in naturnahen Au- und Bruchwald).

5 Schlussfolgerungen

Der mittlerweile zehnjährige Einsatz von Laufkäfern als Indikatoren im Rahmen der umweltschonenden Grundwassergewinnung im Vogelsberg

zeigt, dass diese Tiergruppe für die Bewertung von Grundwasserentnahmen in Feuchtgebieten geeignet ist. Vor dem Hintergrund aktueller Gesetze (BNatSchG, UVPG) und Richtlinien (FFH- und WRRL) gewinnen qualifizierte Bewertungsverfahren von grundwasserabhängigen Lebensräumen und Grundwasserentnahmen zunehmende Bedeutung.

Die vorgestellten Verfahren werden am Vogelsberg in den nächsten Jahren weiterentwickelt. Analog zur Empfindlichkeitsbewertung der Vegetation mit Feuchtezahlen nach ELLENBERG et al. (2001) wird ein regional einsetzbares Bewertungsverfahren mit Zeigerwerten für Laufkäfer erprobt (vgl. PLATEN 1995). Hierzu erfolgt eine regionalisierte Einstufung der Feuchtepräferenzen der Laufkäfer auf der Grundlage mehrjähriger Daten zu Grundwasser, Boden und Vegetation an den einzelnen Monitoringstandorten.

6 Zusammenfassung

Nach der aktuellen Gesetzeslage (BNatSchG, UVPG) sind bei Grundwasserentnahmen wasserwirtschaftliche und ökologische Belange gleichermaßen zu berücksichtigen. Die dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels, soweit dadurch die Lebensbedingungen für Pflanzen und Tiere nachhaltig beeinträchtigt werden können, stellt einen Eingriff in Natur und Landschaft dar.

Am Vogelsberg in Hessen wurde bereits Anfang der 90er Jahre ein strategisches Konzept für eine umweltschonende Grundwassergewinnung entwickelt und umgesetzt. Ziel ist die Erhaltung der in den Fördergebieten noch bestehenden Feuchtgebiete mit ihrer typischen Flora und Fauna.

Bei der Umsetzung der umweltschonenden Grundwassergewinnung werden Laufkäfer zur Bewertung von Feuchtgebieten und Grundwasserentnahmen in verschiedenen Verfahrensschritten eingesetzt:

- naturschutzfachliche Bewertung von Feuchtgebieten,
- Empfindlichkeitsbewertung von Feuchtgebieten gegenüber Veränderungen des Wasserhaushaltes sowie
- Bewertung und Steuerung von Grundwasserentnahmen.

Literatur

AHU AG & RASKIN, R. (2001): Übergreifende Bewertung der Grund-

wassergewinnung im Vogelsberg. – (unveröffentlichtes Gutachten) i.A. des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz.

AHU AG & RASKIN, R. (2004): Leitfaden zur Durchführung von Untersuchungen im Rahmen von Wasserrechtsanträgen. – (unveröffentlichtes Gutachten) i.A. des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz.

DENNEBORG, M. & RASKIN, R. (1995): Verfahren für eine umweltschonende Grundwassergewinnung im Vogelsberg. – *Wasserwirtschaft* 85: 286-290.

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (2001): *Zeigerwerte der Pflanzen von Mitteleuropa*. – *Scripta Geobotanica* Vol. 18.

FIGURA, W., SCHANOWSKI, A. & GERKEN, B. (2001): Beitrag der Laufkäfer (Col.: Carabidae) zur Indikation von Standortverhältnissen der Elbauen. – *UFZ-Bericht (Leipzig)* 8: 103-106.

HANDKE, K. (1997): Auswirkungen von Überstauungsmaßnahmen auf Wirbellose in der Bremer Flußmarsch - Eine Bilanz 10jähriger Untersuchungen. – *Arbeitsberichte Landschaftsökologie Münster* 18: 77-112.

HENLE, K., SCHOLZ, M., STAB, S. et al. (2000): Methodische Grundlagen zur Entwicklung eines robusten Indikationssystems für ökologische Veränderungen in Auen. – *ATV-DVWK-Schriften* 21: 173-201.

IRMLER, U. (1999/2000): Environmental characteristics of ground beetle assemblages in northern German forests as basis for an expert system. – *Zeitschrift f. Ökologie u. Naturschutz* 8: 227-237.

IRMLER, U., SCHRUTZER, J., GRABO, J., HANSSEN, U., HINGST, R. & PICHINOT, V. (1998): Der Einfluss von Nutzung und Bodenparametern auf die Biozönosen des Feuchtgrünlandes. – *Zeitschrift f. Ökologie u. Naturschutz* 7: 15-28.

PLATEN, R. (1995): Zeigerwerte für Laufkäfer und Spinnen – eine Alternative zu herkömmlichen Bewertungssystemen? – *Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz* 43: 317-328.

POSPISCHIL, R. & THIELE, H.U. (1979): Bodenbewohnende Käfer als Bioindikatoren für menschliche Eingriffe in den Wasserhaushalt eines Waldes. – *Verh. Ges. Ökologie (Münster 1978)* 7: 453-463.

RASKIN, R. (1998): Die Wirbellosenfauna grundwasserbeeinflusster Biotope im Büdinger Wald. – *Hessische Faunistische Briefe* 17(1):1-19.

RIECKEN, U. (1992): Planungsbezogene Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen. – *Schr.-R. f. Landschaftspflege u. Naturschutz* 36.

THIELE, H.-U. & WEISS, H.-E. (1976): Die Carabiden eines Auenwaldgebietes als Bioindikatoren für anthropogen bedingte Änderungen des Mikroklimas. – *Schr.-R. f. Vegetationskunde* 10: 359-374.

TRAUTNER, J. (1987): Die Laufkäfer (Col., Carabidae) der Grünlandbrachen des südlichen Pfälzerwaldes. – *Pollichia (Bad Dürkheim)*, Buch Nr. 12: 261-301.

TRAUTNER, J. (Hsg.) (1992): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen. – *Ökologie in Forschung und Anwendung* 5 (Weikersheim).

Anschrift des Verfassers

Dr. Richard RASKIN
 Büro für Landschaftsplanung und angewandte Ökologie
 Kirberichshofer Weg 6
 D-52066 Aachen
 richard@raskin-ac.de

