

GUTACHTEN

DER KLEINE LEUCHTKÄFER (*LAMPROHIZA SPLENDIDULA*) IN NEUHAUSEN AM RHEINFALL IM GEBIET RUNDBUCK

Auftraggeber
Gemeinde Neuhausen am Rheinflall
Planungs- und Naturschutzamt Kanton Schaffhausen (PNA)

Auftragnehmer
Verein Glühwürmchen Projekt, Matthias Riesen und Stefan Ineichen

20. November 2023



ZUSAMMENFASSUNG

Dieses Gutachten befasst sich mit *Lamprohiza splendidula*, dem Kleinen Leuchtkäfer, einer bemerkenswerten Art aus der Familie der Leuchtkäfer. Seine Larven ernähren sich von Schnecken und benötigen bis zur Verpuppung etwa drei Jahre, während die erwachsenen Käfer nur etwa zwei Wochen leben, sich in dieser Zeit paaren und Eier ablegen. Glühwürmchen sind wichtige Indikatoren für gut strukturierte Lebensräume und sind im Kanton Schaffhausen geschützt.

In der Gemeinde Neuhausen am Rheinfall besteht eine Population von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck. In diesem Bereich beabsichtigt die Gemeinde, aufgrund der hohen Nachfrage auch die zur Gewerbezone gehörende Parzelle 74 Gewerbetreibenden zur Verfügung zu stellen. Diese Studie wurde im Auftrag der Gemeinde und des Planungs- und Naturschutzamtes des Kantons Schaffhausen durchgeführt, um die Bedeutung der hiesigen Leuchtkäferpopulation zu ermitteln und Schutzmassnahmen zu entwickeln.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt günstige Lebensraumbedingungen für *Lamprohiza splendidula*; die höchste Aktivität konnte im Wald und am Waldrand ausserhalb der Gewerbezone festgestellt werden. Der grösste Teils des Habitats wird deshalb durch eine gewerbliche Nutzung der Gewerbezone nicht beeinträchtigt werden, falls geeignete Massnahmen umgesetzt werden. Mit der Überbauung der zur Gewerbezone gehörenden Parzelle 74 wird es jedoch nicht zu vermeiden sein, dass ein Teil des Habitats beeinträchtigt und zerstört wird. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die hiesige Population mit den vorgeschlagenen Massnahmen erhalten werden kann.

Künstliches Licht während der Dämmerung und nachts wurde als einer der Hauptfaktoren identifiziert, der das Verhalten der Käfer beeinflusst und eine Ausdehnung der Population behindert. Von zentraler Bedeutung ist weiter die Ausgestaltung der potenziellen Lebensräume, die die Leuchtkäfer im Gebiet vorfinden. Die vorgeschlagenen Massnahmen umfassen eine Reduzierung der Lichtverschmutzung, eine naturnahe Umgebungsgestaltung im neu entwickelten Gebiet sowie eine entsprechende Pflege der Lebensraumstrukturen. Der Erhalt von vielseitigen Lebensräumen ist auch für weitere Arten von Bedeutung - nicht nur für Glühwürmchen.

INHALT

Zusammenfassung	1
Inhalt	2
Einleitung	3
Lamprohiza splendidula (Kleiner Leuchtkäfer)	5
Biologie und Ökologie	5
Verbreitung	7
Leuchtkäfer im Siedlungsraum	8
Rechtlicher Schutzstatus	8
Rückgang	8
Einfluss Kunstlicht	9
Erfassung der Population im Gebiet Rundbuck	11
Vorgehen	11
Aktivitätsdichte	12
Kunstlicht	14
Potenzial	15
Massnahmen zum Schutz und zur Förderung	16
Mögliche Gefährdung durch bauliche Entwicklung	16
Vermeidung von Lichtemissionen	16
Naturnahe Umgebungsgestaltung	16
Ausgleich in der Umgebung	17
Monitoring	17
Literatur	20

EINLEITUNG

Lamprohiza splendidula, allgemein bekannt als Kleiner Leuchtkäfer oder Kleines Glühwürmchen, ist eine Insektenart aus der Familie der Leuchtkäfer (Lampyridae). Diese Art ist aufgrund ihrer biolumineszenten Eigenschaften und ihres auffälligen Erscheinungsbildes von besonderem Interesse. Sie lebt rund drei Jahre als Larve und ernährt sich in dieser Zeit ausschliesslich von Schnecken (Schwalb 1961). Nach der Verpupung leben die ausgewachsenen Tiere etwa zwei Wochen lang, in dieser Zeit finden die Paarung und die Eiablage statt. Die Männchen suchen leuchtend und fliegend - wie ein Feuerfunke - nach einem der ebenfalls leuchtenden Weibchen, die sich in Bodennähe befinden. Glühwürmchen dürfen als Indikatoren für gut strukturierte, eher extensiv bewirtschaftete Lebensräume gelten, die oft auch von anderen speziellen, seltenen und gefährdeten Arten besiedelt werden. Glühwürmchen sind attraktiv für die Öffentlichkeitsarbeit rund um den Naturschutz und eignen sich als Flaggschiffarten für gut strukturierte, extensive Biotope (Rieger und Ineichen 2008).

Im Kanton Schaffhausen sind alle Leuchtkäferarten gemäss Artikel 12 und Anhang 1 der Verordnung über den Naturschutz des Kantons Schaffhausen 451.101 geschützt. *Lamprohiza splendidula* ist eine der vier in der Schweiz vorkommenden Leuchtkäferarten und besiedelt insbesondere den Schaffhauser Waldfriedhof in einer starken und viel beachteten Population.

Im Sommer 2022 wurde in der Gemeinde Neuhausen am Rheinfall eine stattliche Population des Kleinen Leuchtkäfers im Gebiet Rundbuck innerhalb und nahe der Gewerbezone beobachtet (Klaiber 2022). Die Leuchtkäfer wurden in der Gewerbezone (Parzelle 74) und der Freihaltezone (Parzelle 73) sowie im umgebenden Waldgebiet vorgefunden. Die Gemeinde beabsichtigt, die Gewerbezone im Rundbuck (Parzelle 74) gewerblich zu nutzen. Dabei soll das Leuchtkäfervorkommen aber so berücksichtigt werden, dass eine überlebensfähige Population weiterhin Bestand hat. Gemäss Artikel 52 Absatz 1 der Bauordnung der Einwohnergemeinde Neuhausen am Rheinfall dürfen in der Freihaltezone weder private noch öffentliche Bauten errichtet werden. Die Parzelle 73 wird daher nicht im Sinne der angrenzenden Parzelle 74 entwickelt, das bestehende Gebäude soll rückgebaut werden.

Im Auftrag der Gemeinde Neuhausen am Rheinfall und des Planungs- und Naturschutzamtes Kanton Schaffhausen sind während des Sommers 2023 im Rundbuck Vorkommen und Verbreitung von *Lamprohiza splendidula* erfasst worden. Ziele der Untersuchung waren - neben einer Aufnahme der Verbreitung - eine Abschätzung der Bedeutung der Population und Gefährdung des Bestandes, weiter die Erarbeitung von Vorschlägen für Massnahmen zum Schutz und zur Förderung.

Im Übersichtsplan (Abbildung 1) und im Luftbild (Abbildung 2) sind die Grenzen der Parzelle 74 (Gewerbezone) und der Parzelle 73 (Freihaltezone) ersichtlich, ebenso weitere Parzellen im Umfeld sowie die Anteile bewachsener und bebauter Flächen. Bemerkenswert sind die Magerwiese und die ausgedehnten Waldstandorte (Abbildung 2). Der Lungenkraut-Buchenwald auf der Ostseite des Gewerbegebiets hat gemäss Waldfunktionsplan des Kantonsforstamtes die Vorrangfunktion „Wohlfahrt“ und als Zweitrangfunktion „Lebensraum und Naturschutzfunktion“. Dem Waldmeister-Buchenwald am Hang auf der Westseite werden die Vorrangfunktion „Schutzfunktion“ und die Zweitrangfunktion „Wohlfahrt“ zugeordnet.

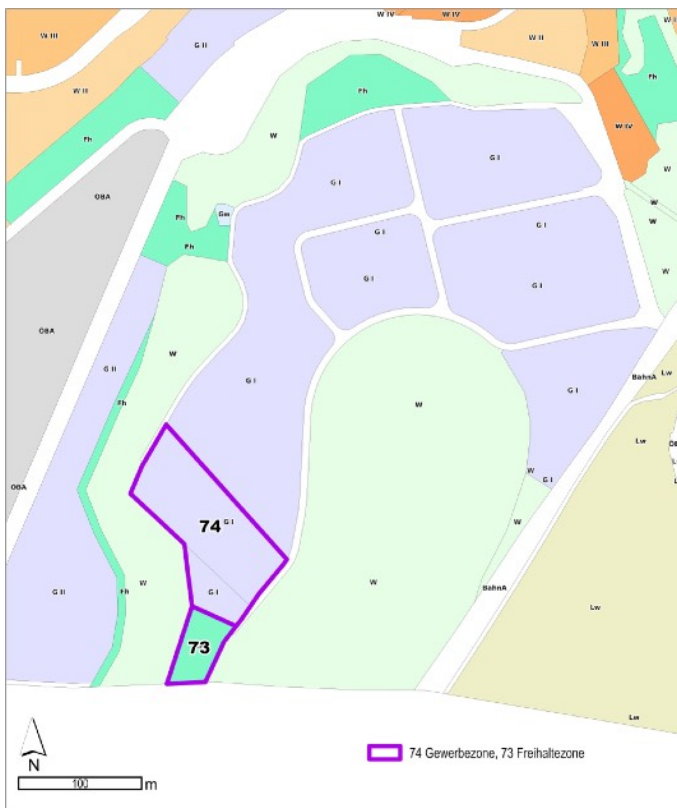


Abbildung 1: Rundbuck, Nutzungsplanung Grundnutzung. Lila: Gewerbezone 1 (G1); mint: Freihaltezone (Fh); hellgrün: Wald (W); grau: Zone für öffentliche Bauten und Anlagen (ÖBA). Violett umrandet ist die Parzelle 74 (Gewerbezone), welche überbaut werden soll und der Parzelle 73 (Freihaltezone). Unterhalb der Parzelle 73 ist die Landesgrenze. ÖREB-Daten geodienste.ch.



Abbildung 2: Rundbuck, Luftbild. Ein grosser Teil des Rundbuck und der Böschungen unterhalb der Zollstrasse sind von Buchenwald bedeckt, gelb schraffiert sind die Magerwiesen eingezeichnet. Auf Parzelle 74 befindet sich gegenwärtig (Stand 2023) eine Kleintieranlage, die aus einer Vielzahl von kleinen Gebäuden, Bäumen und Sträuchern sowie Wiesen- oder Rasenflächen zusammensetzt ist. Das auf Parzelle 73 (Freihaltezone) stehende Gebäude soll abgebrochen werden. Bezüglich Grünraumqualität ist der Unterschied zwischen dem bereits als Gewerbegebiet genutzten Bereich und der noch bestehenden Kleintieranlage, die Gewerbebauten weichen soll, augenfällig. Unterhalb der Parzelle 73 ist die Landesgrenze. ÖREB-Daten geodienste.ch, Luftbild swisstopo.

LAMPROHIZA SPLENDIDULA (KLEINER LEUCHTKÄFER)

BIOLOGIE UND ÖKOLOGIE

Der Lebensraum von *Lamprohiza splendidula* wird charakterisiert als eher feucht und trägt meist eine ausgeprägte Strauch- und Krautschicht (Schwalb 1961). Die Art lebt auf feuchten Wiesen, an Bach- und Flussufern, in lichten Gebüsch und Wäldern oder an Waldrändern und meidet Nadelwälder. Die Larven von *Lamprohiza splendidula* leben fast ausschliesslich in der Streuschicht des Bodens. Zwei Merkmale sind gemäss Tyler (2002) wichtig für ein ideales Glühwürmchen-Habitat: i) die Struktur der Vegetation, wobei es weniger auf die Pflanzensammensetzung als auf Höhe, Dichte, Schatten etc. ankommt, und ii) eine Mischung aus offenen und geschlossenen Bereichen, wie sie zum Beispiel beim Übergang von einer Wiese zu einer Hecke oder einem Waldrand gegeben ist. Auch gemäss Nuss und Seidel (2008) werden Habitate mit Laubgehölzen als Lebensraum von *Lamprohiza splendidula* bevorzugt, doch wie genau Lebensräume für diese Art idealerweise strukturiert sein müssen und welche Bewirtschaftungsformen besonders individuenreiche Populationen hervorbringen, ist noch nicht vollständig geklärt.



Abbildung 3: Fliegende und leuchtende Männchen von *Lamprohiza splendidula*, Langzeitbelichtung in einem Wald. Foto: Andreas Brodbeck.

Die klassische Erklärung des Leuchtkäferlichts bezieht sich auf die Signalfunktion bei der Partnersuche: Paarungsbereite Glühwürmchenweibchen sitzen leuchtend in Bodennähe, die Männchen fliegen durch die Nacht und landen recht zielsicher bei einem Weibchen. Bei den Männchen scheint die Erzeugung von Licht hingegen nicht mit dem Paarungsverhalten zusammenzuhängen: die Weibchen antworten nicht - wie bei anderen Arten - auf über ihnen fliegende Männchen und sie präferieren offenbar auch keine besonders hell leuchtenden Männchen. Wahrscheinlich dient das Leuchten der Männchen letztlich der Abwehr von Prädatoren (De Cock 2009). Direkt nach der Paarung legt das Weibchen die Eier in einer feuchten Bodenstelle ab. Das Gelege besteht aus durchschnittlich 60-90 Eiern, welche ebenfalls fein leuchten können. Nach rund 35 Tagen schlüpfen die Larven (Schwalb 1961). Die Larven sind stark abgeflacht, dunkelgrau gefärbt und erinnern etwas an Asseln. Sie erzeugen ein schwaches, grünliches Leuchten. Während 33-34 Monaten entwickeln sich die Larven und häuten sich vier bis sechs Mal (Schwalb 1961). Das Puppenstadium dauert durchschnittlich 7 Tage. Für die Verpuppung baut sich die Larve unter einem Blatt, unter Holzstückchen oder dergleichen eine halbkugelige, nach oben geöffnete Kammer von etwa 10 mm Durchmesser (Schwalb 1961).

Die Nahrung der Larven von *Lamprohiza splendidula* besteht ausschliesslich aus Schnecken, sowohl Nackt- als auch Gehäuseschnecken verschiedenster Gattungen. Gefressen werden zum Beispiel Baumschnecken (*Arianta arbustorum*) oder Garten- und Hainschnirkelschnecken (*Cepaea hortensis*, *Cepaea nemoralis*) (Reichholf 2008). Die Larven verfolgen die Schleimspuren der Schnecken, holen diese ein und beißen ins Vorderende des Schneckenkörpers. Dabei wird durch einen Mandibelkanal ein lähmendes Gift injiziert. Die Schnecke wird meist an Ort und Stelle aufgefressen oder sie wird weggeschleppt und in einem Versteck, etwa unter Laubblättern, verzehrt (Schwalb 1961). Die adulten Tiere fressen nicht und leben von Fettreserven, die sie sich während ihrer Zeit als Larve angefressen haben (De Cock 2009). Bei einer Untersuchung der Schneckenfauna und der Aktivität von *Lamprohiza splendidula* im Waldfriedhof in der Stadt Schaffhausen wurden typische Arten für einen waldähnlichen, kulturnahen Standort gefunden. Es konnte jedoch keine Korrelation mit dem Vorkommen der Schnecken und der Glühwürmchendichte festgestellt werden; die Schnecken scheinen zumindest hier keinen limitierenden Faktor für die Glühwürmchenpopulation darzustellen (Vogelsanger 2010). Die klimatischen Bedingungen während der frühen Lebensstadien sind gemäss einer Studie aus Nordamerika für die Entwicklung der dort lebenden Leuchtkäfer von Bedeutung: Die maximalen Winter- und Frühlingstemperaturen und der durchschnittliche Niederschlag im 20-monatigen Zeitraum vor den Beobachtungen haben den grössten Einfluss auf die Abundanz der adulten Glühwürmchen. Eine niedrige maximale Bodenfeuchtigkeit in den 5-19 Monaten vor den Beobachtungen wirkt sich negativ auf die Abundanz der adulten Tiere aus, während eine hohe maximale Bodenfeuchtigkeit sie positiv beeinflusst (Evans et al. 2019).

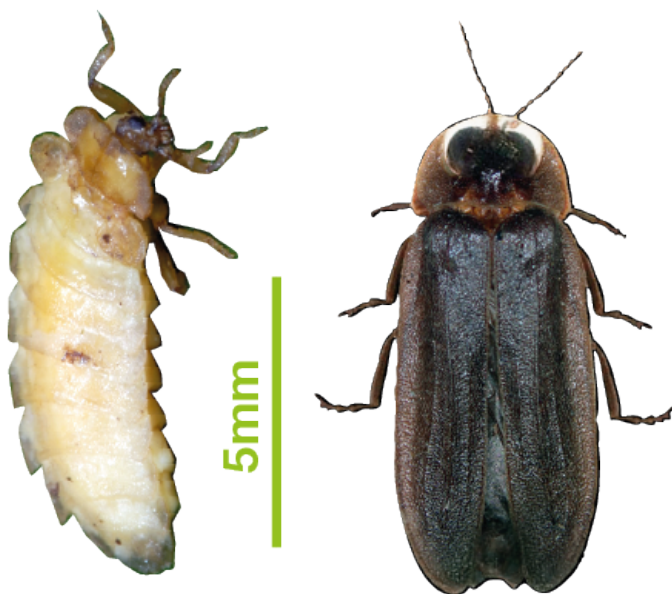


Abbildung 4: Adultes Weibchen (links) und Männchen (rechts) von *Lamprohiza splendidula*. Fotos: glühwürmchen.ch.

VERBREITUNG

In der Schweiz kommt *Lamprohiza splendidula* im Tessin, in den Bündner Südtälern, in Schaffhausen, im Aargauer Jura und an einigen wenigen Stellen im Mittelland vor. In den letzten Jahren kamen neue Beobachtungen hinzu, etwa in den Regionen Bern und Zürich (Abbildung 5). Im Kanton Schaffhausen hat *Lamprohiza splendidula* eine schweizweit besondere Stellung, denn nördlich der Alpen gibt es kaum eine Population, die so gross ist wie im Schaffhauser Waldfriedhof (Rieger 2019). In den Untersuchungen von Ineichen und Rieger (2008) und Rieger (2019) wurden weitere Standorte in Stadt und Kanton Schaffhausen erfasst (Abbildung 6).

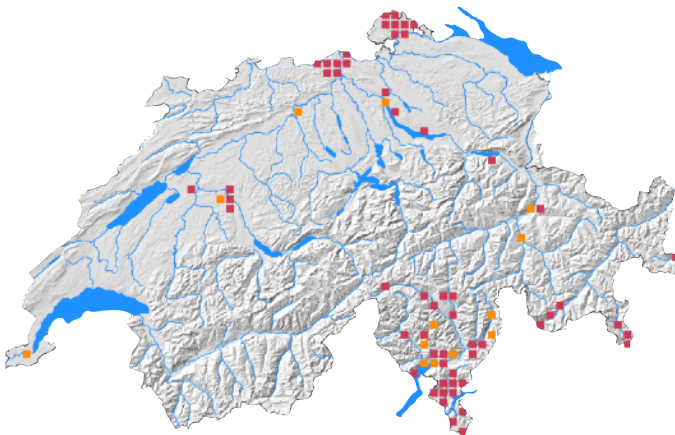


Abbildung 5: Verbreitung von *Lamprohiza splendidula* in der Schweiz (Stand 2022). Rote Quadrate sind Beobachtungen nach dem Jahr 2000. Daten info fauna, Kartenhintergrund swisstopo.

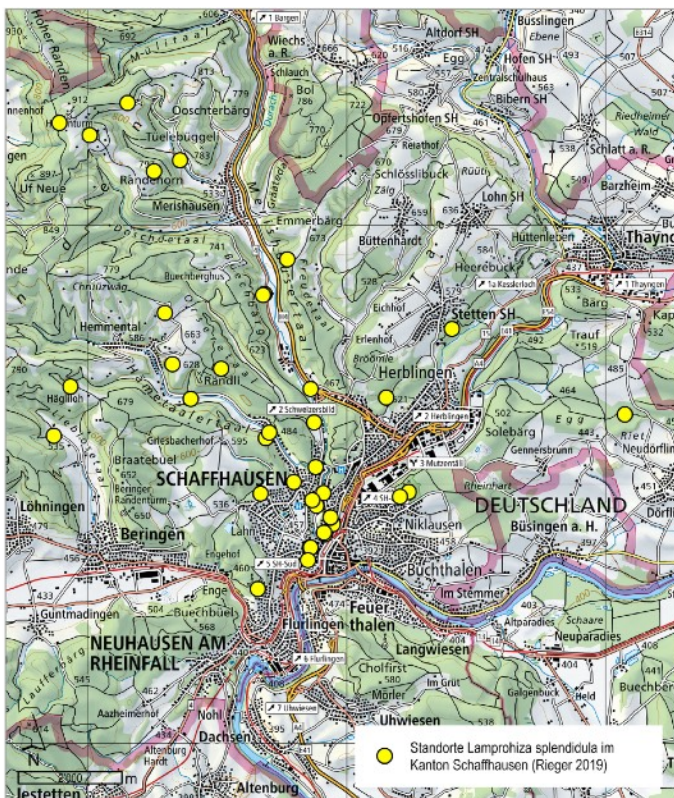


Abbildung 6: Verbreitung von *Lamprohiza splendidula* im Kanton Schaffhausen. In der Gemeinde Neuhausen am Rheinflall waren die Standorte Hohflue und Pierchälker bekannt. Daten aus Rieger (2019), Kartenhintergrund swisstopo.

LEUCHTKÄFER IM SIEDLUNGSRAUM

Während die traditionelle, kleinräumig gegliederte und extensiv bewirtschaftete Kulturlandschaft am Verschwinden ist und die Lebensräume in der Agrarlandschaft für Leuchtkäfer zunehmend knapp werden, entdecken Glühwürmchen im Siedlungsraum vermehrt ideale Lebensbedingungen. Gemäss den Untersuchungen von Reichholf (2007) sind Kleine Leuchtkäfer unterdessen eher in städtischen Gärten und Parks zu finden als in ländlichen Gebieten, wo ihre Bestände nach und nach erlöschen. Im urbanen Raum ist *Lamprohiza splendidula* oft in schattigen Bereichen entlang der Südränder von Parks und in feuchteren Gärten mit auch tagsüber schattigen Bereichen anzutreffen. Wie oben (im Abschnitt Biologie und Ökologie) erwähnt benötigen Kleine Glühwürmchen nicht einen bestimmten, eng definierten Biotoptyp, sondern sind auf gut strukturierte, extensiv gepflegte Lebensräume angewiesen, die aus einem Mosaik von bestockten und bewaldeten sowie offenen Flächen bestehen.

Ein wichtiger Faktor hierbei ist, wie Reichholf (2007) betont, das Vorhandensein von Schnecken. Die Glühwürmchen sind im Siedlungsraum auf stabile Lebensrauminseln angewiesen, da die flugunfähigen Weibchen wie die Larven kaum in der Lage sind, Strassen zu überqueren und somit neue Lebensräume zu erschliessen. Daher sind in städtischen Räumen Massnahmen zur Verbesserung der Lebensbedingungen sinnvoll. Hierzu zählen die Vernetzung bestehender Grünflächen, die Erhaltung von Freiflächen und ähnliche Ansätze (Adam 1988). In der Stadt Zürich hat Darani (2008) die faunistischen Beobachtungsdaten mit den Standorten von *Lampyrus noctiluca* (Grosses Glühwürmchen) verglichen und festgestellt, dass dort, wo das Grosse Glühwürmchen vorkommt, Tagfalter und Heuschrecken in hoher Diversität vorhanden sind. Zahlreiche weitere Arten sind auf ähnliche Randstrukturen und auf eine Mischung von offenen und geschlossenen Flächen angewiesen. Es ist anzunehmen, dass dies auch für die Habitate von *Lamprohiza splendidula* zutrifft.

RECHTLICHER SCHUTZSTATUS

In der Schweiz bestehen auf Bundesebene keine Bestimmungen zum Schutz der Leuchtkäfer, ebenso fehlt eine Rote Liste für diese Käferfamilie. Im Kanton Schaffhausen sind alle Leuchtkäferarten gemäss Artikel 12 und Anhang 1 der Verordnung über den Naturschutz des Kantons Schaffhausen (451.101 vom 6. März 1979) geschützt. In diesem Anhang sind weiter auch viele Tagfalterarten oder Heuschreckenarten aufgeführt.

RÜCKGANG

Die Bestände von *Lamprohiza splendidula* sind wie die von *Lampyrus noctiluca* vielerorts stark zurückgegangen. Es liegen jedoch kaum Langzeituntersuchungen vor, die diesen Rückgang belegen. Eine der wenigen Ausnahmen ist die Arbeit von Joseph H. Reichholf, der für *Lamprohiza splendidula* mehrere Jahrzehnte zurückliegende Aufnahmen aus den niederbayrischen Innauen mit der aktuellen Situation verglichen hat und einen markanten Rückgang feststellte (Reichholf 2007). Zahlreiche Einzelbeobachtungen legen jedoch den Schluss nahe, dass Glühwürmchen vor einigen Jahrzehnten wesentlich häufiger waren

und deutlich weiter verbreitet (GWP 2022). In einer Langzeitstudie wurde der Rückgang von *Lampyrus noctiluca* (Grosses Glühwürmchen) in England festgestellt. Gardiner und Didham (2020) analysierten einen Datensatz von Weibchen, die mit 19 standardisierten Transekten über 18 Jahre aufgenommen wurden und stellten einen jährlichen Rückgang um etwa 3.5 % fest. Gemäss den Autoren gibt es deutliche Anzeichen für die Auswirkungen der Klimaerwärmung und des Austrocknens auf die Anzahl von *Lampyrus noctiluca*, aber ein wesentlich grösserer Anteil der Schwankungen bei den Zählungen lässt sich durch lokale Standortfaktoren erklären, wie z. B. die unkontrollierte Ausbreitung von Buschwerk (Gardiner und Didham 2020).

Der Verlust von Lebensräumen, die Lichtverschmutzung und der Einsatz von Pestiziden werden als die wichtigsten Faktoren angesehen, die einen negativen Einfluss auf Glühwürmchenpopulationen haben (Lewis et al. 2020, siehe auch nachfolgende Kapitel).

Der Rückgang der Bestände scheint jedoch nicht alle bekannten Populationen des Kleinen Glühwürmchens zu betreffen. So entwickelt sich eine erst seit rund zwei Jahrzehnten bekannte Population auf Zürcher Stadtgebiet prächtig - hat sie doch ihr zu Beginn kleinflächiges Areal beim Bucheggplatz unterdessen deutlich erweitert und besiedelt nun grosse Teile des angrenzenden Käferbergwalds.

EINFLUSS KUNSTLICHT

Das künstlich erzeugte Licht in der Nacht (ALAN, artificial light at night) hat auf viele Tierarten einen grossen Einfluss. Auf Insekten hat ALAN Auswirkungen, die weit über die unmittelbare Umgebung der Lichtquellen hinausgehen. Durch die Beeinflussung der Interaktionen zwischen den Arten können die Auswirkungen von Kunstlicht ganze Artengemeinschaften verändern (Kehoe et al. 2022).

Leuchtkäfer werden nachgewiesenermassen auf unterschiedliche Weise von ALAN beeinträchtigt: Eine zusammenfassende Untersuchung belegt für Leuchtkäfer als mögliche Effekte zeitliche und räumliche Desorientierung, Anziehung und Abstossung durch Lichtquellen, Störung der Sinnesleistungen und Behinderung der Wahrnehmung (Owens 2018). Im Allgemeinen sind es bei den Glühwürmchen insbesondere die männlichen Imagines, die empfindlich auf ALAN reagieren. Kunstlicht scheint sie zu verwirren und am Auffinden eines Weibchens zu hindern (Tyler 2002, Vaz et al. 2021). Schwalb (1961) hat mit Experimenten gezeigt, dass auch Larven von *Lamprohiza splendidula* eindeutig negativ phototaktisch reagieren, sowohl bei Tag als auch bei Nacht. Das heisst, die Larven meiden Lichtstörungen und weichen beleuchteten Zonen aus.

Auf nationaler Ebene hat das Bundesamt für Umwelt BAFU eine Vollzugshilfe erarbeitet mit dem Ziel, Lichtemissionen im Sinne des Umweltschutzgesetzes (USG), des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) und weiterer Erlasse zu begrenzen. Zu diesem Zweck soll sie die in die Planung, die Beurteilung, die Bewilligung oder den Betrieb von Beleuchtungen involvierten Akteure befähigen, die notwendigen Massnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Lichtemissionen zu treffen (BAFU 2021). Grundsätzlich sind die Auswirkungen von Lichtemissionen auf die Artenvielfalt im Rahmen der Artikel 18 und 20 des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG; SR 451) zu beurteilen. Weiter soll das Umweltschutzgesetz (USG; SR 814.01) Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen schützen (Art. 1 Abs. 1 USG). Als Einwirkungen im Sinne des USG gelten nach Artikel 7

Absatz 1 auch (nichtionisierende) «Strahlen», die durch den Bau und Betrieb von Anlagen erzeugt werden (BAFU 2021).

Im Kantonalen Richtplan von Schaffhausen (2015, Abschnitt Landschaft 1-8-5) sind Planungsgrundsätze zur Vermeidung von Lichtverschmutzung beschrieben. Dies soll zum Beispiel durch Minimierung der Lichtverschmutzung, der Einschränkung himmelwärts gerichteter Anlagen und der Anpassung von Beleuchtungsstärken und Betriebszeiten auf das notwendige Minimum und unter Gewährleistung der Sicherheit erfolgen. Auch das Konzept zur Erhöhung der Energieeffizienz in der Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen hält fest, dass die Energieeffizienz bei der Strassen- und Objektbeleuchtung eng mit dem Natur- und Umweltschutz verbunden ist. Basierend auf der Natur- und Umweltschutzgesetzgebung, dem kantonalen Richtplan und bestehenden Normen sind Beleuchtungen im Aussenraum so zu planen und zu betreiben, dass sie für Mensch und Natur weder lästig noch schädlich sind (Jahnke et al. 2015).

ERFASSUNG DER POPULATION IM GEBIET RUNDBUCK

VORGEHEN

In einer Vorbegehung am 9. Juni 2023 wurde das Gebiet untersucht und der Perimeter festgelegt. Während des Rundgangs mit Christoph Küpfer, Präsident des Kleintierzüchtervereins, wurden die Standorte der bisherigen Beobachtungen aufgesucht. Zu diesem Zeitpunkt wurde noch keine Aktivität von *Lamprohiza splendidula* festgestellt.

Für jede der abendlichen Begehungen wurde eine unterschiedliche Aufnahmerunde festgelegt. Da das Gebiet relativ weitläufig und die abendliche Aktivitätsdauer der flugfähigen Männchen von *Lamprohiza splendidula* jeweils kurz ist, wurde darauf geachtet, dass möglichst alle Bereiche zu verschiedenen Zeitpunkten untersucht wurden, um eine umfassende Aussage zur Aktivität zu ermöglichen. Standorte mit (etwa aus der Vorbegehung) bekannten Vorkommen wurden ebenfalls mehrmals untersucht. Beobachtungen von Weibchen wurden notiert.

Die Beobachtungspunkte zur Zählung der Individuen wurden zufällig nach örtlichen Bedingungen (Zugänglichkeit) gewählt, anschliessend wurden ihre GPS-Koordinaten notiert. An jedem Beobachtungspunkt wurden anschliessend im Umkreis von fünf Metern alle aktiv leuchtenden Männchen gezählt (vgl. Tabelle 1). Mit fünf Begehungen im Zeitraum vom 19. Juni bis zum 1. Juli 2023 von jeweils ca. 22:00 bis 23:30 Uhr und der gewählten Methode war es möglich, in kurzer Zeit die Aktivitäten in einem grösseren Gebiet zu erfassen.

Es ist anzumerken, dass es für keine der vier in der Schweiz vorkommenden Leuchtkäferarten eine Standardmethode zur Bestimmung der Bestandesgrösse gibt (das gilt vermutlich für alle Leuchtkäfer-Arten, De Cock et al. 2015).

Tabelle 1: Daten der fünf Begehungen im Gebiet Rundbuck. An den Beobachtungspunkten wurden die Anzahl leuchtender Männchen von *Lamprohiza splendidula* gezählt.

Begehung	Datum	Anzahl Beobachtungspunkte	Anzahl Individuen
1	19. Juni 2023	14	32
2	21. Juni 2023	35	176
3	25. Juni 2023	29	184
4	28. Juni 2023	28	316
5	1. Juli 2023	19	114

AKTIVITÄTSDICHTE

Die erfassten Beobachtungspunkte und die entsprechenden Individuenzahlen wurden in einem Raster von 20 m Auflösung dargestellt (Abbildung 8). Pro Rasterquadrat wurde die maximal erfasste Individuenzahl dargestellt. Eine hohe Aktivitätsdichte wurde besonders in den offenen und geschlossenen Wald- und Waldrandbereichen westlich der Parzelle 73 festgestellt. Dies entspricht auch etwa den dunkelsten Bereichen im ganzen Rundbuck. In den nördlich gelegenen Wald- und Wiesenbereichen nahm die Individuendichte stetig ab, obwohl die Habitate mit offenen Strukturen günstig erscheinen. Im Lungenkraut-Buchewald auf der Ostseite konnten nur vereinzelt Individuen festgestellt werden, besonders im südlichen Bereich.

Im zweiten Schritt wurden die erfassten Individuenzahlen in einem einfachen vierstufigen Modell dargestellt (Abbildung 9). Diese vier Aktivitätszonen wurden auch auf Gebiete ausgedehnt, bei denen keine direkten Beobachtungspunkte vorlagen. Im westlichen Bereich der Parzelle 74, entlang des Weges und des Waldrandes, ist die Aktivität etwas höher (Aktivitätszone 3) als im Bereich auf der östlichen Seite (Aktivitätszone 2). Die Parzelle 73 grenzt direkt an den Waldbereich mit einer hohen Aktivität und hier zeigte sich, dass auch auf der Wiesenfläche die Aktivität höher ist (Aktivitätszone 3). Insbesondere am späteren Abend treten vermehrt auch Leuchtkäfer in die Wiesenfläche aus.

Über alle fünf Begegnungen konnte nur ein Weibchen erfasst werden (Abbildung 7). Daher wurden hier zusätzlich die Daten, welche im Jahr 2022 (Klaiber 2022) erhoben wurden, eingebunden. Weibchen können grundsätzlich in deutlich kleinerer Zahl beobachtet werden als Männchen. Am ehesten erfolgen Beobachtungen erfahrungsgemäss in Randbereichen, wo Männchen kaum hinfliegen, an auch für männliche Leuchtkäfer schlecht einsehbaren Stellen, gelegentlich auch an beleuchteten Stellen, die von Männchen nicht angefliegen werden, oder aber in „Randzeiten“, also in Zeiträumen ausserhalb der Hauptaktivitätsperiode. Zum Zeitpunkt der Beobachtung aus dem Jahr 2022 waren die Witterungsbedingungen eher kühl und daher die Aktivität der Männchen reduziert, was wiederum die Wahrscheinlichkeit für die Sichtung von Weibchen erhöht.

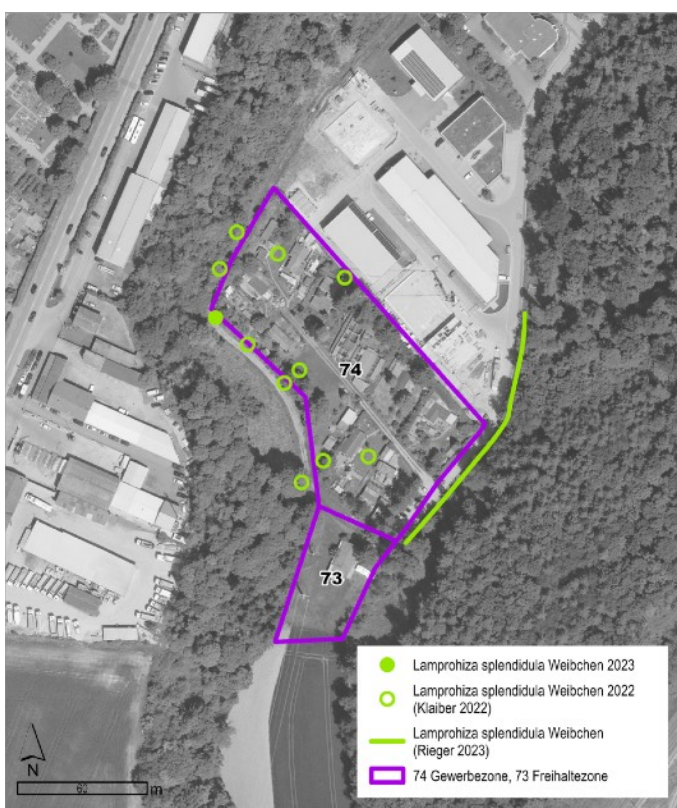


Abbildung 7: Beobachtungen von Weibchen von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck. Der grüne Punkt markiert die Beobachtung von 2023 und die grünen Kreise stehen für die Beobachtungen aus dem Jahr 2022 (Klaiber 2022). Entlang der grün markierten Linie wurden Weibchen beobachtet (gemäss Rieger 2023). ÖREB-Daten geodienste.ch, Luftbild swisstopo.

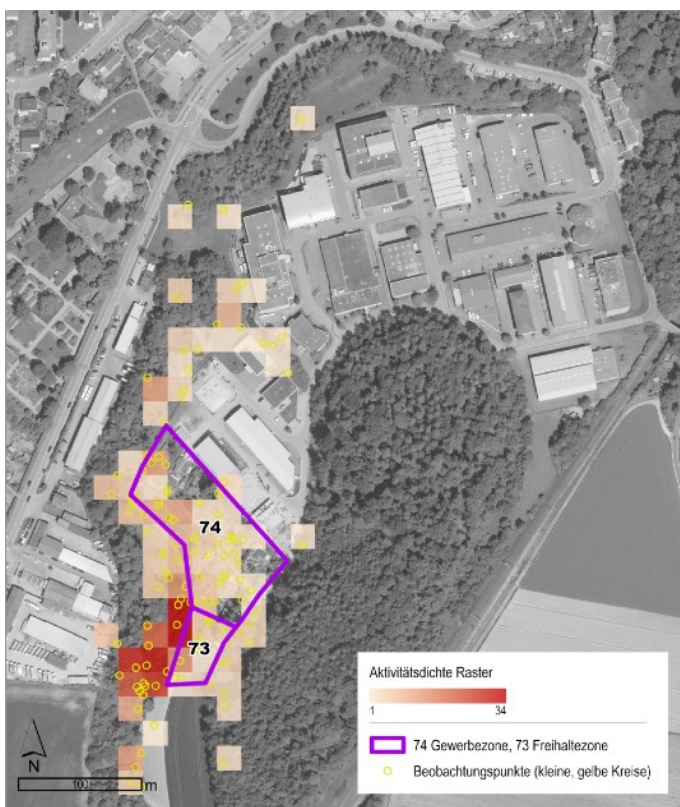


Abbildung 8: Aktivitätsdichte von Männchen von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck. Im Raster von 20 m ist die maximale Anzahl dargestellt basierend auf Zählungen an einem Beobachtungspunkt (kleine, gelbe Kreise). In den dunkelroten Bereichen wurde die höchste Aktivität beobachtet. ÖREB-Daten geodienste.ch, Luftbild swisstopo.

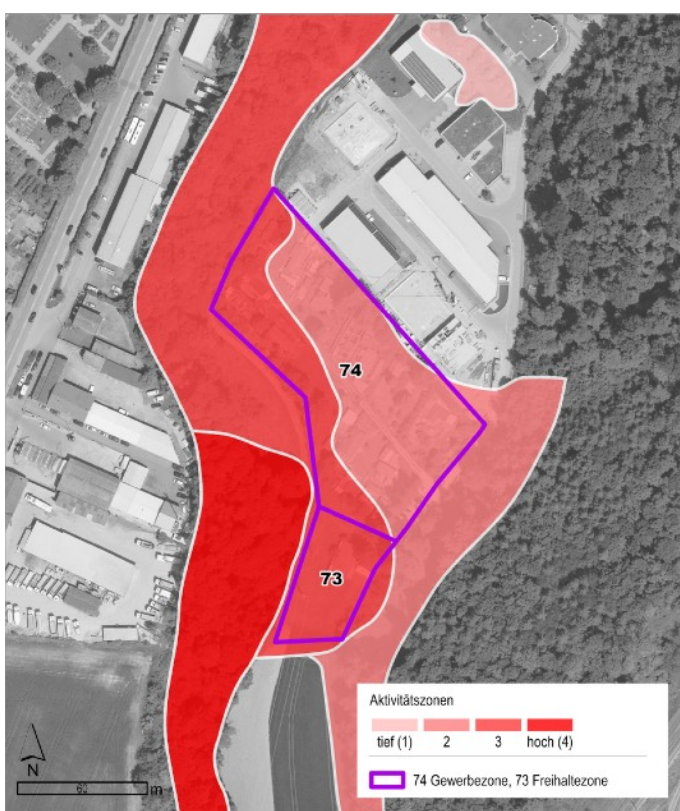


Abbildung 9: Aktivitätszonen von Männchen von *Lamprohiza splendidula* in der Parzelle 74 (Gewerbezone), der Parzelle 73 (Freihaltezone) und der nahegelegenen Umgebung im Gebiet Rundbuck. Einteilung in vier Stufen, von tiefer bis hoher Aktivität, basierend auf den Zählungen an den Beobachtungspunkten. In den dunkelroten Bereichen wurde die höchste Aktivität beobachtet. ÖREB-Daten geodienste.ch, Luftbild swisstopo.

KUNSTLICHT

Das künstliche Licht in der Nacht ist einer der Haupteinflussfaktoren auf die Population von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck (Abbildung 10 und Fotos Abbildung 11). An den dunkelsten Stellen im Waldbereich westlich der Parzelle 73 wurden die höchsten Dichten festgestellt. Die Topographie und die Hanglage begünstigen, dass dort kaum Licht einfällt. Im nördlichsten Bereich (Abbildung 10 bei Standort Nr. 1) leuchtet die Strassenbeleuchtung des Buchwegs durch die lichten Baumreihen auf die Wiese. Zudem hat die Beleuchtung der einzelnen Gebäude einen direkten oder diffusen Einfluss. Grundsätzlich gäbe es in diesem Bereich für Leuchtkäfer geeignete Strukturen und einen guten Übergang zum Wald, obwohl hier auch viele Fichten vorkommen, welche von *Lamprohiza splendidula* eher gemieden werden. Der Waldbereich nördlich der Magerwiese hat aufgelichtete Stellen mit einer gut entwickelten Strauchschicht und würde ein gutes Habitat bieten. Die Aktivität der Leuchtkäfer ist hier jedoch gering. Ein grosser Teil dieses Waldes wird stark aufgehellt durch die Umgebungsbeleuchtung eines Gebäudes (mit Bewegungsmelder, Standort 2). Auch Innenbeleuchtungen, wie zum Beispiel an Standort 3, haben Auswirkungen auf die Umgebung und können markant sein. Am Standort 4 beleuchtet ein Scheinwerfer ein Grundstück, strahlt aber auch in den nahestehenden Waldrand hinein. Das Umgebungslicht an einem Gebäude oberhalb des Rundbuckgeländes (Standort 5) scheint im Neigungswinkel des Hanges durch den ganzen Wald bis hinunter zum Weg. Die Beleuchtung der Rundbuckstrasse und deren Umgebung am Standort 6, wird durch Bewegungsmeldern aktiviert. Die Gebäude am Standort 7 haben mit der Innen- und Aussenbeleuchtung einen grossen Einfluss auch auf den Waldrand. Die Strassenbeleuchtung war ab der Kurve der Rundbuckstrasse während der Aktivitätszeit permanent eingeschaltet (Standort 8).

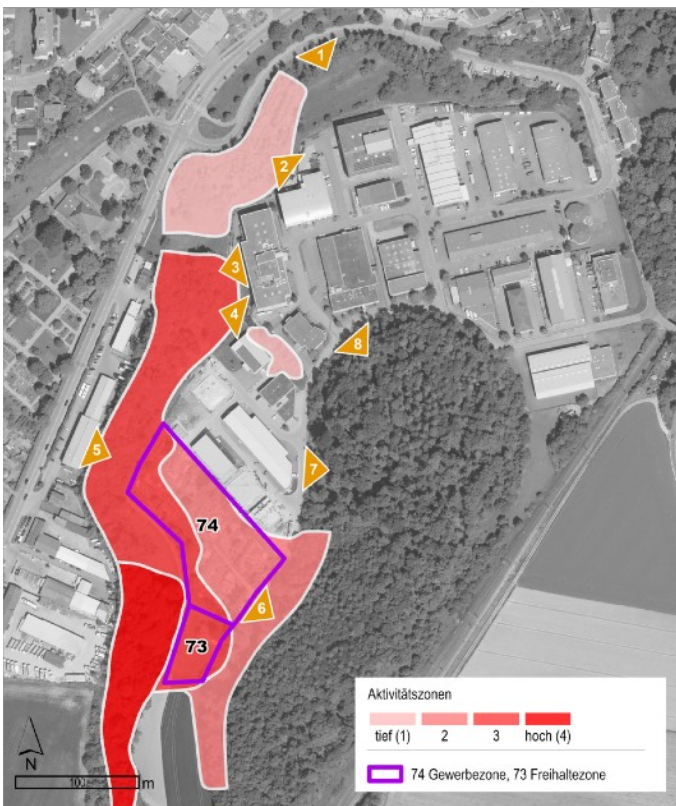


Abbildung 10: Aktivitätszonen von Männchen von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck. Einteilung in vier Stufen, von tiefer bis hoher Aktivität. Orange Dreiecke, nummeriert von eins bis acht, markieren den Lichteinfluss an markanten Standorten. ÖREB-Daten geodienste.ch, Luftbild swisstopo.



Abbildung 11: Nüchtlie Fotoaufnahmen der Lichtemissionen an acht markanten Standorten. Die Nummern entsprechen den Nummern in Abbildung 9. An den Standorten 1, 6 und 8 sind Lichteinflüsse durch Strassenbeleuchtung dargestellt. An den Standorten 2, 4, 5 und 7 beleuchten die Gebäudebeleuchtung die Umgebung. An den Standorten 3 und 7 hat auch die Gebäudeinnenbeleuchtung einen Effekt auf die Umgebung.

POTENZIAL

Wie eingangs erwöhnt wird der Lebensraum von *Lamprohiza splendidula* charakterisiert als eher feucht, bedeckt von einer ausgeprägten Strauch- und Krautschicht (Schwalb 1961) sowie bestehend aus einer Mischung aus offenen und geschlossenen Bereichen (Tyler 2002). In der Umgebung der Gewerbezone sind entsprechende Strukturen und Habitate bereits vorhanden. So ist ein grösserer Teil der Waldränder gestuft und mit den Wiesen gibt es offene Bereiche. In den Waldbereichen mit einer hohen Aktivität von Männchen von *Lamprohiza splendidula* ist auch die Streuschicht gut ausgeprägt und bietet ein gutes Habitat für die Entwicklung im Larvenstadium. Es ist daher davon auszugehen, dass die auch Verfügbarkeit von Schnecken (Schnecken Teppich) als Nahrung für die Larven nicht ein limitierender Faktor ist.

Vergleicht man die Aktivitätszonen der fliegenden Männchen (Abbildung 9) und die Stellen, wo Weibchen beobachtet werden konnten (Abbildung 7), mit dem Luftbild (Abbildung 2), so wird klar, dass hier folgende Lebensräume für die Leuchtkäfer wichtig sind: Waldränder und lichte Waldbereiche, offene Stellen wie die unter Naturschutz stehende Magerwiese und die Parzelle 73 sowie vielfältig strukturierte Bereiche wie die Kleintieranlage (Parzelle 74). Als Lebensraum bedeutsam sind diese Räume insbesondere dann, wenn sie nicht von künstlicher Beleuchtung betroffen sind.

MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ UND ZUR FÖRDERUNG

MÖGLICHE GEFÄHRDUNG DURCH BAULICHE ENTWICKLUNG

Aktuell ist die strukturelle Vielfalt mit Hecken, hohen Einzelbäumen, Krautsäumen und offenen Wiesen auf Parzelle 74 sehr hoch. Dieser Charakter bietet im Allgemeinen - wie oben ausgeführt - gute Habitatbedingungen für *Lamprohiza splendidula*. Durch die bauliche Entwicklung dieser in der Gewerbezone liegenden Parzelle werden diese Strukturen beseitigt und es wird unumgänglich, dass ein Teil des Lebensraums der lokalen Leuchtkäfer-Population zerstört wird. Ein Grossteil der Fläche wird in Zukunft durch Gebäude, Strassen und andere versiegelte Bereiche belegt werden, die nicht als Lebensraum für Leuchtkäfer taugen. Voraussichtlich wird nur ein sehr kleiner Teil der Fläche für eine naturnahe Umgebungsgestaltung, die als Ausgleich dienen könnte, zur Verfügung stehen.

Da die Parzelle 74 nur einen relativ kleinen Teil des gesamten Lebensraums der Rundbuckpopulation einnimmt, ist anzunehmen, dass sich die Population auch nach der baulichen Entwicklung der Parzelle halten kann. Es besteht allerdings die Gefahr, dass durch die neuen Gebäude mehr Lichtemissionen in Richtung Wald und Waldrand emittiert werden und dass dadurch auch gerade die Bereiche mit gegenwärtig hoher Aktivität von *Lamprohiza splendidula* gestört werden.

Um die Beeinträchtigung der im Gebiet Rundbuck ansässigen Leuchtkäferpopulation möglichst gering zu halten, sind also Massnahmen in mehreren Bereichen wünschenswert und erforderlich: Im Areal, das entwickelt wird, betrifft dies einerseits die Vermeidung von Lichtemissionen und andererseits eine naturnahe Umgebungsgestaltung.

Um die Population im Gebiet Rundbuck zu fördern und mögliche Veränderungen zu dokumentieren sind weiter folgende Massnahmen empfehlenswert: Zum ersten ein Ausgleich in der Umgebung (etwa im Sinne der Förderung dunkler Zonen) und zweitens ein Monitoring, um allenfalls Korrekturen vornehmen zu können.

VERMEIDUNG VON LICHEMISSIONEN

Die Lichtemissionen, die durch die Umgebungsbeleuchtung und die Innenbeleuchtung der Gebäude oder durch die Strassenbeleuchtung verursacht werden, haben einen hohen Einfluss auf die Population und verhindern, dass sich diese weiter ausbreiten kann. Es ist daher von höchster Priorität, dass Lichtemissionen, die von Parzelle 74 in die Umgebung ausstrahlen, vermieden werden. Im Interesse der hiesigen Leuchtkäferpopulation soll ein **Beleuchtungskonzept** die Ansprüche dieser Dämmerungs- und Nachttiere berücksichtigen.

NATURNAHE UMGEBUNGSGESTALTUNG

Durch eine naturnahe Umgebungsgestaltung kann - auch im Sinne eines Ausgleichs - zum Erhalt der Population beigetragen werden. Grundsätzlich soll die versiegelte Fläche minimiert werden, wo ein Schotterrasen oder eine Chaussierung anstelle von Hartbelägen möglich ist, sollen entsprechende Gestaltungen zum Einsatz kommen.

Wo Raum für Grünflächen vorhanden ist, sollen allenfalls kleine Wiesenflächen angelegt werden oder Hecken mit vorgelagerten Krautsäumen. Grundsätzlich sollen zur Erhaltung und Förderung der Population abwechslungsreiche extensive Biotope mit gehölzdominierten und offenen Bereichen, gefördert werden. Hecken bieten ideale Lebensräume für viele Insekten und Schnecken. Hecken können auch zur Abschirmung von Licht dienen. Für Schnecken und Leuchtkäferlarven (und andere Organismen) sind weichlaubige Gehölze (wie z.B. Weide, Pappel, Linde, Weissdorn, Schlehe etc.) wesentlich wertvoller als Gehölze mit Nadeln oder hartem Laub. Dabei sollen einheimische Arten zum Zug kommen. Als Naturhecken sollen die vorgesehenen Hecken aus einer Mischung verschiedener Gehölzarten entwickelt werden. Hecken bieten schattige Bereiche und das Laub (das nicht entfernt werden darf) dient Schnecken als Nahrung und Leuchtkäferlarven als Unterschlupf. Auch Ast- und Steinhaufen bieten zusätzlichen Schutz und Nahrungsmöglichkeiten für die Larven von *Lamprohiza splendidula*.

Wichtig sind jedoch nicht nur Gestaltung und Bepflanzung der Gebäudeumgebung, sondern auch der Unterhalt, der naturnah erfolgen soll. Der Verzicht auf Pestizide und das Nicht-Düngen von Rasen und Wiesen schaffen eine gesunde Umgebung.

Zu beachten ist auch dass, gemäss Art. 12 der Bauordnung der Einwohnergemeinde Neuhausen am Rheinflall vom 1. September 1988 Hecken, Einzelbäume und Baumgruppen zu erhalten und zu erneuern sind. Die Gemeinde Neuhausen am Rheinflall kann gemäss Art. 12 der Bauordnung bei Neu- und Umbauten einen **Bepflanzungsplan** verlangen.

AUSGLEICH IN DER UMGEBUNG

In vielen Teilflächen ausserhalb der Gewerbezone soll die bisherige Pflege, die sich offensichtlich bewährt hat, weitergeführt werden. So wurden auch bereits Waldränder gestuft oder aufgelichtet, was sich sicher positiv auf die Populationsentwicklung auswirken kann. Im Waldgebiet kann die Aufwertung von Krautsaum, Strauchgürtel und Waldmantel noch weiter vertieft werden. In der Magerwiese und den weiteren Wiesen könnten Altgrasstreifen stehen gelassen werden. Diese tragen zu einem Mosaik an Strukturen bei und sind auch für viele weitere Insektenarten sehr wertvoll. Die Parzelle 73, weiterhin als Freihaltefläche bestehend, soll mit einer Aufwertung als Vernetzungsfläche zwischen den beiden Waldbereichen dienen. Sie soll grundsätzlich offen bleiben, sich also nicht zu Wald entwickeln. Der vorgesehene Rückbau des Gebäudes kann jedoch den Platz freimachen für Strukturen wie einzelne Sträucher, Gebüschgruppen, Holz- und Steinhaufen, welche die offene Fläche als Lebensraum für Leuchtkäfer und andere Tiere bereichern.

MONITORING

Das Monitoring der Population soll aufzeigen, ob die vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt wurden und welche Auswirkungen auf die Populationsdynamik beobachtet werden können. Vorgeschlagen wird die Erfassung der Aktivitätsdichten um die Gewerbezone, wenn ein erster Teil bebaut worden ist ein Jahr und drei Jahre nach Fertigstellung.

In Tabelle 2 und Abbildung 12 sind die grundlegenden Massnahmen zum Erhalt und zur Förderung der Population von *Lamprohiza splendidula* aufgelistet. Priorität haben die Massnahmen zur Reduktion der Lichtemissionen. Weiter soll die naturnahe Gestaltung und Pflege der Gebäudeumgebung einen Ausgleich schaffen und eine ursprüngliche Strukturvielfalt ermöglichen.

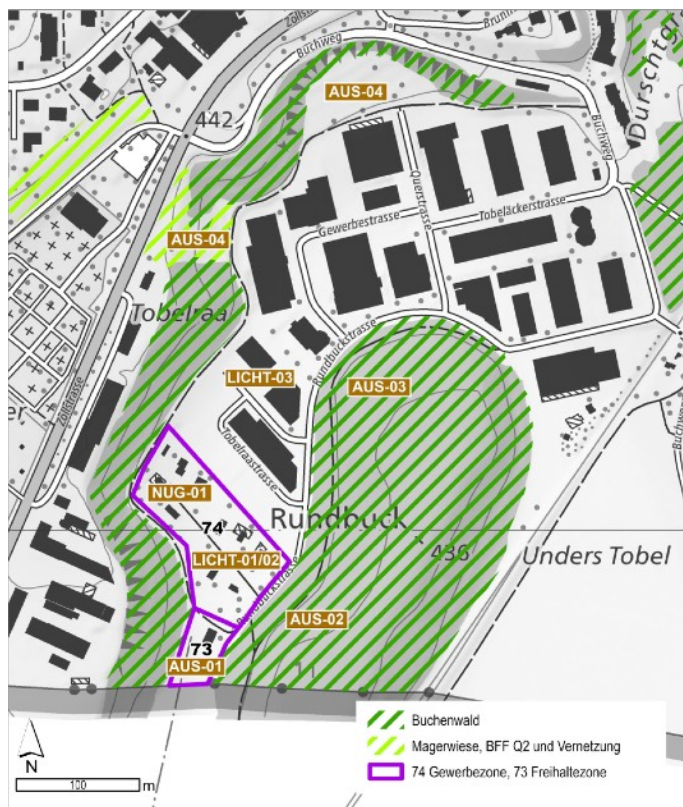


Abbildung 12: Karte mit Massnahmen zur Erhaltung der Population von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck. Die Massnahmen (siehe Nummern in nachfolgender Tabelle 2) sollen negative Einflüsse auf die Population vermeiden oder vermindern oder einen Ausgleich schaffen. ÖREB-Daten geodienste.ch, Kartenhintergrund swisstopo.

Tabelle 2: Tabelle mit Massnahmen zum Erhalt und zur Förderung der Population von *Lamprohiza splendidula* im Gebiet Rundbuck. Priorität haben die Massnahmen zur Reduktion der Lichtemissionen, sowohl in der Gewerbezone Nr. 74 wie auch in der Umgebung. Zudem sind Massnahmen zur naturnahen Umgebungsgestaltung erforderlich.

Nr.	Massnahme	Zuordnung	Phase	Zone	Bemerkungen
LICHT-01	Vermeidung von Lichtemissionen	Vermeidung	Bau	Gewerbezone	Maximale Reduktion der Lichtemissionen in der Aktivitätszeit von 22-01 Uhr im Zeitraum vom 15.6.-15.7. Grösstmögliche Reduktion in der übrigen Zeit. Als Teil Lichtkonzept.
LICHT-02	Vermeidung von Lichtemissionen	Vermeidung	Betrieb	Gewerbezone	Maximale Reduktion der Lichtemissionen in der Aktivitätszeit von 22-01 Uhr im Zeitraum vom 15.6.-15.7. Grösstmögliche Reduktion in der übrigen Zeit. Als Teil Lichtkonzept.
LICHT-03	Vermeidung von Lichtemissionen	Vermeidung	-	Umgebung	Maximale Reduktion der Lichtemissionen in der Aktivitätszeit von 22-01 Uhr im Zeitraum vom 15.6.-15.7. Grösstmögliche Reduktion in der übrigen Zeit. Als Teil Lichtkonzept.
NUG-01	Naturnahe Umgebungsgestaltung	Ausgleich	Betrieb	Gewerbezone	<ul style="list-style-type: none"> - Versiegelung vermeiden - Kleine Magerwiesenflächen anlegen - Hecken mit einheimischen weichlaubigen Pflanzen anlegen (Schattenwurf) - Entwicklung von Krautsäumen fördern - Allgemein einheimische weichlaubige Gehölze verwenden - Strukturen wie Asthaufen, Steinhauen oder Baumscheiben anlegen - Auf abwechslungsreiche Gestaltung achten - Pestizidfreie Pflege und Rasen oder Wiesen nicht düngen - Generelle Reduktion des betrieblichen Unterhalts (z.B. Laub nicht entfernen) - Bepflanzungsplan
AUS-01	Ausgleich in der Umgebung: Aufwertung Freihaltezone	Ausgleich	Betrieb	Freihaltezone	Extensivierung der Wiesen und Strukturförderung als Vernetzungsfläche zwischen den beiden Waldbereichen. Zum Beispiel mit Hecken, Asthaufen, Steinhauen. Förderung von Krautsäumen als Übergang.
AUS-02	Ausgleich in der Umgebung: Waldrandaufwertung	Ausgleich	-	Umgebung	Förderung von Krautsaum, Strauchgürtel und Waldmantel.
AUS-03	Ausgleich in der Umgebung: Waldauflichtung	Ausgleich	-	Umgebung	Förderung von Strauchschicht.
AUS-04	Ausgleich in der Umgebung: Altgrasstreifen	Ausgleich	-	Umgebung	Förderung von Altgrasstreifen in den Wiesenflächen.
MO-01	Monitoring	-	Bau und Betrieb	Gewerbezone und Umgebung	Erfassung der Aktivitätsdichten ein Jahr und drei Jahre nachdem ein Teil der Fläche bebaut wurde.

LITERATUR

- Adam K (1988) Stadtökologie in Stichworten. Verlag Ferdinand Hirt
- BAFU (2021) Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Vollzug Nr. 2117: 169 S.
- Darani B (2008) Glühwürmchen als Indikatorart: statistische Auswertung vorhandener Beobachtungsmeldungen. Semesterarbeit an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
- De Cock R (2009) Biology and behaviour of European lampyrids. *Bioluminescence in Focus - A Collection of Illuminating Essays*, 2009: 161-200
- De Cock R, Alves HN, Oliveira NG, Gomes J (2015) Pirlampos de Portugal - Fireflies and Glow-Worms of Portugal. Parque Biológico de Gaia, Booklet, 84 pp
- Evans TR, Salvatore D, van de Pol M, Musters CJM (2019) Adult firefly abundance is linked to weather during the larval stage in the previous year. *Ecological Entomology*, 44: 265-273
- Gardiner T, Didham RK (2020) Glowing, glowing, gone? Monitoring long-term trends in glow-worm numbers in south-east England. *Insect Conservation Diversity*, 13: 162-174
- GWP (2022) Sammlung von Daten und Texten auf der Webseite des Vereins Glühwürmchen Projekts. Gluehuermchen.ch
- Jahnke R et al. (2015) Konzept zur Erhöhung der Energieeffizienz in der Strassen- und Objektbeleuchtung im Kanton Schaffhausen. Energiefachstelle Kanton Schaffhausen im Auftrag des Baudepartements des Kantons Schaffhausen
- Kehoe R, Sanders D, van Veen FJF (2022) Towards a mechanistic understanding of the effects of artificial light at night on insect populations and communities. *Current Opinion in Insect Science*, Volume 53, 2214-5745
- Klaiber J (2022) Verbreitungsdaten des Kleinen Leuchtkäfers - Begehung im Rundbuck 2022. Planungs- und Naturschutzamt Kanton Schaffhausen (PNA)
- Lewis SM et al. (2020) A Global Perspective on Firefly Extinction Threats. *BioScience*, Volume 70, Issue 2, 157-167
- Nuss M, Seidel J (2008) Historische Vorkommen des Glühwürmchens (*Lamprohiza splendidula* (Linnaeus, 1767)) in Sachsen (Coleoptera: Lampyridae). *Sächsische Entomologische Zeitschrift* 3
- Owens ACS, Lewis SM (2018) The Impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Wiley Ecology and Evolution* 2018, 1-22
- Reichholf JH (2007) Stadtnatur - Eine neue Heimat für Pflanzen und Tiere. Oekom Verlag, München
- Rieger I (2023) Persönliche Mitteilung vom 28. Juni 2023.

Rieger I, Ineichen S (2008) Das Kleine Glühwürmchen in Schaffhausen - Untersuchung zur Verbreitung des Kleinen Glühwürmchens *Lamprohiza splendidula* in Schaffhausen. Planungs- und Naturschutzamt und Stadtökologie Schaffhausen

Schwalb HH (1961) Beiträge zur Biologie der einheimischen Lampyriden *Lampyris noctiluca* Geoffr. und *Phausis splendidula* Lec. und experimentelle Analyse ihres Beutefang- und Sexualverhaltens. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere 88:4 399-550

Tyler J (2002) The Glow-Worm. Lakeside Printing Ltd, Kent

Vaz S, Manes S, Gama-Maia D, Silveira L, Mattos G, Paiva PC, Figueiredo M, Lorini ML (2021) Light pollution is the fastest growing potential threat to firefly conservation in the Atlantic Forest hotspot. Insect Conservation and Diversity, Volume 14, Issue 2: 211-224.

Vogelsanger M (2010) Einfluss mikroklimatischer Faktoren auf die Habitatsgrenzen des Kleinen Glühwürmchens (*Lamprohiza splendidula*). Bachelorarbeit an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften