Zwischen Denkmalschutz und Naturschutz

Leitfaden zur naturverträglichen Instandhaltung von Mauerwerk in der Denkmalpflege

Herausgeber

Rainer Drewello

Andreas Schmiedinger

Rolf Snethlage

Redaktion:

Rainer Drewello
Ursula Drewello
Andreas Gohlke
Andreas Schmiedinger

Redaktionelle Bearbeitung:

Helga Kuhn

Vorwort

Die Plattbauchspinne *Echemus augustifrons*, die Wärmeliebende Glanzschnecke *Aegoponella minor* oder das Quadratische Preissmoos *Preissia quadrata* sind Arten der deutschen und bayerischen Roten Liste. Sie sind zu Denkmalspezialisten geworden und hängen in ihrem Fortbestehen auch von einem Erhalt dieser Denkmalsubstanz ab – sofern sie die gewählte Sanierungsmethode überleben. Das Spannungsfeld, wie notwendige Maßnahmen zum Denkmalerhalt naturverträglich gestaltet werden können, stellt eine Herausforderung für Denkmalpflege und Naturschutz dar.

Die 1990 gegründete Deutsche Bundesstiftung Umwelt ist als größte Umweltstiftung der Welt die einzige deutsche Förderinstitution, die die Herbeiführung eines Zusammenwirkens zwischen Naturschutz und Kulturgüterschutz zu unterstützen sucht. Die lange gleichsam in Vergessenheit geratene Perspektive der einstigen Heimatschutzbewegung, dass sich Natur- und Kulturschutz bedingen oder ergänzen können, erlebt ihre derzeitige Renaissance durchaus mit einigem Recht. In Zeiten großer Veränderungen der Landschaft, das heißt vor allem der Art der Landschaftsnutzung, sind Rückzugsräume für Natur und Kultur gefährdeter als zuvor. Die doppelte Bewegung von Nutzungsintensivierung in Gunsträumen und von beginnender Nutzungsaufgabe in Ungunsträumen lässt eine neue Bewertung der Möglichkeiten eines Zusammenwirkens von Naturschutz und Kulturgüterschutz zugunsten der Bewahrung der Bestände von Natur und Kultur dringlich angezeigt erscheinen.

Den Elementen der historischen Kulturlandschaft, wie etwa historischen Alleen, Kleinarchitekturen, traditionellen Bauformen, aber auch historischen Festungsbauten, kommt in diesem Zusammenhang eine zentrale Rolle zu. Zumeist sind eben diese kulturell konnotierten Bestandteile der Landschaft auch bedeutende Standorte der Artenvielfalt. Das mögliche Alter von Alleebäumen wird von Bäumen in bewirtschafteten Wäldern nur knapp zur Hälfte erreicht. Folglich finden sich Arten, die einen nennenswerten Totholzanteil benötigen, auch und gerade an den Menschen gemachten Sekundärbiotopen an Straßen und Wegen. Historische Weinberge, die mithilfe von Trockenmauern an Steillagen angelegt worden sind, sind besondere Gunstlagen nicht nur für Spitzenweine. Eidechsen und der sprichwörtliche Weinbergpfirsich finden sich oft nur noch hier.

In der Pflege der für die biologische Vielfalt bedeutenden Sekundärbiotope müssen somit Zusammenhänge Beachtung finden, die über die Belange des Denkmales an sich hinausgehen, diese aber gleichzeitig nicht außer Acht lassen.

Um die Möglichkeiten und Grenzen einer derartigen, auf eine Naturverträglichkeit hin optimierten Denkmalsanierung erstmals zu erkunden, aber auch zur Anwendung erster Erkenntnisse auf unterschiedlichste Substrate und Zusammenhänge konnte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in den letzten Jahren mit einer Reihe von Modellmaßnahmen an unterschiedlichen Kulturlandschaftselementen und Denkmalen beitragen. Der Südwestfriedhof Berlin-Stahnsdorf mit einer beeindruckenden Zahl an Schmetterlingen, die barocke Mainzer Zitadelle, historische Alleen in Schleswig-Holstein, die Erkundung der Umsetzbarkeit von Zielen des Naturschutzes in bedeutenden Berliner historischen Gärten und Parks, aber auch die Sanierung Fledermaus besetzter Kirchendachstühle, wie etwa im thüringischen Gehofen, haben zu wesentlichen Erkenntnissen in einem nicht immer konfliktfreien Raum beigetragen. Die gut dokumentierten Ergebnisse haben, etwa im Beispiel der Alleen in Schleswig-Holstein, zu deutlichen Verbesserungen der integrierten Schutzanstrengungen geführt.

Insbesondere dem historischen Mauerverbund aus Fugen und verwitterndem Gesteinsmaterial kommt eine herausragende Bedeutung als Sekundärbiotop zu. In zwei Maßnahmen zu den Möglichkeiten einer mit den Zielen des Naturschutzes abgestimmten Mauerwerkssanierung an der Kronacher Zitadelle und an Burgen in Oberfranken wurden über die Dokumentation der Rolle dieser Standorte für die Artenvielfalt hinaus grundlegende Leitlinien für naturverträgliche Arbeiten am Denkmal formuliert. Die bereits früher in Leitfäden veröffentlichten Ergebnisse werden hier in Zusammenarbeit mit den seinerzeit beteiligten Fachwissenschaftlern endlich in einer überarbeiteten Version aufgelegt.

Ich freue mich, dass die Deutsche Bundesstiftung Umwelt dazu beitragen kann, das wachsende Interesse an dieser alten und neuen Perspektive denkmalpflegerischen und naturschützerischen Handelns aufzugreifen, und danke den beteiligten Wissenschaftlern und Denkmalschützern herzlich. Insbesondere sei hier Professor Rolf Snethlage genannt, dessen grundlegenden Überlegungen die vorgestellten Ergebnisse viel verdanken. Ebenso herzlich danke ich Professor Rainer Drewello, Professor Carl Beierkuhnlein, Ursula Drewello, Andreas Schmiedinger, Dietrich Förster und allen weiteren Autorinnen und Autoren des vorliegenden Bandes.

Dr.-Ing. E. h. Fritz Brickwedde
Generalsekretär der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Dank

Großer Dank gilt Prof. Dr. Wirth, der im Wallmauernprojekt (1999 bis 2001) die Nachbestimmung der Flechtenbelege übernommen und wertvolle Hinweise gegeben hat.

Dank gebührt auch Prof. Dr. Böcker für die Weitergabe von Vegetationsdaten von der Festung Rosenberg und die Durchsicht von Teilen des Leitfadens.

Ohne die Unterstützung der Besitzer der untersuchten Burgen, der Stadt Kronach, dem Landkreis Bamberg, der Stadt Waischenfeld und der Burg Rabenstein Event GmbH wäre die Durchführung des Projektes nicht möglich gewesen. Herzlicher Dank auch den Mitarbeitern, die uns mit großem Engagement stets zur Seite standen.

Nicht zuletzt gilt unser Dank den Fördergebern, der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und der Oberfrankenstiftung, ohne deren finanzielle Unterstützung das Projekt nicht durchführbar gewesen wäre.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 1

1 Naturverträgliche Instandsetzung von historischem Mauerwerk aus Sand- und Kalkstein 3
Rainer Drewello, Andreas Schmiedinger, Rolf Snethlage

1.1 Zwischen Naturschutz und Denkmalschutz 3

1.2 Von den Kronacher Wallmauern zu drei Burgen in der Fränkischen Schweiz 7

1.3 Untersuchungsflächen 10

2 Lebensraum Natursteinmauer 17
Carl Beierkuhnlein, Rainer Drewello, Ursula Drewello, Andreas Schmiedinger, Rolf Snethlage, Andreas Gohlke

2.1 Ökologische Bedingungen an historischen Mauern 17

2.2 Zur Ökologie von Mauerpflanzen 24

2.3 Unterschiede zwischen Sandstein und Kalkstein 25

2.4 Der Einfluss des Gesteins auf die Flora 29

3 Gefährdete Arten und ihr Lebensraum am Standort Denkmal 31
Stefan Beyer, Andreas Schmiedinger, Christian Strätz, Theo Blick, Alexander Kroupa, Ursula Drewello, Alexander Ulmer, Matthias Hammer, Andreas Zahn, Eduard Hertel, Dietrich Förster

3.1 Wechselwirkungen zwischen Tier- und Pflanzenarten und ihrem Umfeld 31

3.2 Gefährdete Arten der Roten Liste 34

4 Auswirkungen von Instandhaltungs- und Restaurierungsmaßnahmen 45
Carl Beierkuhnlein, Alexander Ulmer, Christine Mahler, Ursula Drewello, Theo Blick, Christian Strätz, Alexander Kroupa, Matthias Hammer, Andreas Zahn, Andreas Schmiedinger, Eduard Hertel, Stefan Beyer, Andreas Gohlke

4.1 Auswirkungen auf die Fauna 47

4.2 Auswirkungen auf die Flora 54

4.3 Auswirkungen auf die Schadensentwicklung an der Musterachse 62

5 Naturverträgliche Instandhaltung und Restaurierung 65
Ursula Drewello, Rainer Drewello, Andreas Schmiedinger, Dietrich Förster

5.1 Oberflächenreinigung 65

5.2 Behandlung des Fugennetzes 73

5.3 Umgang mit Fehlstellen 77

5.4 Behandlung von Werksteinoberflächen 78

5.5 Pflegekonzepte 79

6 Pflege der Mauer und der Grünflächen 81
Andreas Schmiedinger, Matthias Hammer, Andreas Zahn, Christian Strätz, Dietrich Förster

6.1 Umgang mit Gehölzen 81

6.2 Umgang mit Efeu 82

6.3 Umgang mit dem Mauerfuß 89

6.4 Umgang mit der Mauerkrone 90

6.5 Umgang mit vorgelagerten Grünflächen 91

6.6 Umgang mit Fledermäusen 91

7 Exemplarische Kostenermittlung an der Festung Rosenberg 95
Jürgen Oehm

8 Ablaufschema einer naturverträglichen Instandsetzung 99
Robert Pick, Rolf Snethlage, Rainer Drewello, Ursula Drewello, Andreas Schmiedinger, Dietrich Förster

8.1 Gedanken zur Interessenvermittlung 99

8.2 Beteiligte Fachdisziplinen und Projektstruktur 101

9 Beispiele naturverträglicher Instandsetzungen in Deutschland 105
Andreas Schmiedinger

10 Anhang 109

10.1 Rote-Liste-Arten an Mauern und deren ökologische Ansprüche 109

10.2 Katalog ausgewählter Tiere und Pflanzen 116

10.3 Untersuchungsmethodik 155

10.4 Literaturhinweise 165

10.5 Glossar 175

10.6 Ansprechpartner 179

10.7 Autorenverzeichnis 189

Zusammenfassung

Mauern von Burg- und Festungsanlagen sind ebenso wie Stadt- und Wallmauern Zeugnisse einer reichen Kultur- und Naturgeschichte und sind daher in vielerlei Hinsicht von Bedeutung. Als essenzielle Bestandteile der historisch gewachsenen Kulturlandschaft Mitteleuropas besitzen sie einerseits einen hohen kulturgeschichtlichen Wert, denn ihre Erhaltung dient der Bewahrung unseres kulturellen Erbes und der Vergegenwärtigung unserer geschichtlichen Wurzeln. Dieselben Mauern sind aber andererseits auch der Lebensraum für schützenswerte Tiere und Pflanzen. In einer sich dynamisch verändernden Umwelt, in der viele natürliche Standorte weitgehend verloren gegangen sind, stellen sie ideale Rückzugsräume für wärmeliebende und trockenheitstolerante Arten dar, wie sie natürlicherweise nur an Felsaufschlüssen vorkommen. So spielen Burgen und Festungsanlagen in Biotopverbundkonzepten eine weitaus größere Rolle als man aufgrund ihrer schieren Zahl und Größe vermuten mag. Der Grund liegt im Alter, in der Größe und in den mikroklimatischen Bedingungen der Bauwerke, die meist über lange Jahre keinen Störungen unterworfen waren. Dabei ist es vor allem die Kombination an günstigen Standortfaktoren, die es Höheren Pflanzen, Moosen, Farnen, Flechten, Insekten, Spinnentieren, Reptilien, Fledermäusen und vielen anderen Lebewesen ermöglicht, gerade dort zu existieren. Oft sind die Vorkommen sogar die einzig verbliebenen Populationen im weiten Umkreis. Werden die Lebensräume zerstört, besteht die Gefahr der Auslöschung ganzer biologischer Lebensgemeinschaften. Deshalb ist der Erhalt des ökologischen Gleichgewichts und der ökologischen Funktionalität an historischen Mauern von erheblicher Relevanz für den Naturschutz.

Ein wichtiges Ergebnis unserer Untersuchungen ist, dass eine schonende Instandsetzung von Kalk- und Sandsteinmauern dem Erhalt der Bausubstanz und der Biodiversität mehr dient als aufwendige und wiederholt durchgeführte Sanierungen, in denen die Abnahme des biogenen Bewuchses vorgesehen ist. Dies erscheint auf den ersten Blick paradox. In Realiter ist jedoch jede Instandsetzung zwangsläufig mit einem Materialverlust verbunden, während nur wenige Pflanzen und praktisch keine Tiere zu wirklichen Mauerschäden führen können. Eine Ausnahme bilden verholzende Pflanzen (Gehölze), die aufgrund des sekundären Dickenwachstums von Stamm und Wurzelwerk enorme Kräfte in Spalten und Fugen entfalten und durch Sprengwirkung irreversible Schäden hervorrufen können. Andere Pflanzenarten sind für Mauern wie für das gesamte Bauwerk nicht nur unbedenklich, sondern tragen sogar dazu bei, das Gestein vor allzu rascher Rückwitterung zu schützen. So hat der Bewuchs durch Flechten, Moose und Efeu in der Regel einen positiven Effekt, weil er Umwelteinflüsse abpuffert

und den Wassereintrag herabsetzt. Eine Entfernung des mit der Oberfläche verflochtenen Bewuchses ist aber nicht nur mit erheblichen Substanzverlusten verbunden, wie dies für die Abnahme von Flechten bekannt ist, er ist auch in keiner Weise nachhaltig, weil die Pflanzen auf verschiedenste Art und Weise an der Mauer überdauern und sich die restaurierten Areale in kurzer Zeit zurückerobern.

Durch unsere Arbeiten an Denkmälern in Nordostbayern konnten wir zeigen, dass eine schonende Restaurierung gleichermaßen einen Beitrag zum Erhalt der Gebäude und der Biodiversität leistet. Mit der Festung Rosenberg bei Kronach, der Giechburg bei Bamberg, den Burgen Waischenfeld und Rabenstein in der Nördlichen Frankenalb („Fränkische Schweiz“) stand ein breites Spektrum der Baugeschichte, der Baukonstruktionen und der an Burgen vorkommenden individuellen Lebensgemeinschaften von Flora und Fauna zur Verfügung. Der historische Bestand und der biologische Befund wurden mit biologischen, konservatorischen und materialwissenschaftlichen Methoden untersucht und hinsichtlich der Auswirkungen von Instandsetzungsoptionen analysiert. Das Resultat ist für beide Seiten ermutigend und trägt den unterschiedlichen gesellschaftlichen Zielvorstellungen und Leitbildern des Denkmalschutzes und Naturschutzes Rechnung, zumal der vorgeschlagene Weg für den Steuerzahler, der letztlich die Zeche von Instandhaltungen übernimmt, mit geringeren Ausgaben verbunden ist.

1 Naturverträgliche Instandhaltung von historischem Mauerwerk aus Sand- und Kalkstein

Rainer Drewello, Andreas Schmiedinger, Rolf Snethlage

1.1 Zwischen Naturschutz und Denkmalschutz

Historische Burgen, Schlösser und Parkanlagen sind wie Stadt- und Wallmauern die Zeugnisse einer bewegten, für Mitteleuropa charakteristischen Geschichte. Sie sind Landmarken, Blickpunkte und prägende Strukturelemente einer historisch gewachsenen Kulturlandschaft, die von hohem kulturgeschichtlichen Wert ist; ihre Erhaltung obliegt den Eigentümern und dem Denkmalschutz. Andererseits hat sich mit der Zeit an und um die meist großzügig angelegten Bauwerke eine einzigartige Flora und Fauna entwickelt, in der sich überkommene Nutzungs- und Siedlungsformen widerspiegeln und erhalten haben, die ansonsten in einer sich dynamisch verändernden Umgebung bedroht sind. Aufgrund des immensen Strukturreichtums geraten die geschichtlich geprägten Kulturlandschaften zunehmend in das Blickfeld des Natur- und Landschaftsschutzes (Abb. 1).

Solange die Zuständigkeiten nicht ineinander greifen, der Denkmalschutz sich also nur um das Denkmal, der Natur- und Landschaftsschutz nur um die Natur- und Kulturlandschaft kümmert, treten Interessensunterschiede selten zutage. Meinungsverschiedenheiten unterbleiben auch, wenn ein zum Denkmal gewordenes Objekt nicht mehr besteht und nur noch der Denkmalort verblieben ist. So wird die bis 1989 bestehende innerdeutsche Grenze, eigentlich ein 1.390 km langes Großbauwerk, heute weniger als ein Denkmal denn als länderübergreifendes Biotopverbundsystem und „Refugium für viele seltene Pflanzen und Tiere“ wahrgenommen (BUND 2009). Eine gänzlich andere Situation liegt vor, wenn das Denkmal noch existiert. Dann sind Interessenskonflikte immanent. Denn wild eingewachsene Flora und die heimisch gewordene Fauna empfinden Architekten und Denkmalpfleger häufig als störend. Bäume, Sträucher, Moose und Flechten gelten als Schadensfaktoren und ästhetische Beeinträchtigung. Der Naturschutz hingegen betrachtet vor dem Hintergrund der zunehmend ökonomisierten und flurbereinigten ländlichen Regionen auch das Denkmal als wichtigen Lebensraum, schätzt die besonderen Standortfaktoren und räumt dem Artenschutz hohe Priorität ein. Dass beide Disziplinen aber keine Antipoden sein müssen und sich zum gegenseitigen Vorteil ergänzen können, soll im vorliegenden Leitfaden zur naturverträglichen Instandhaltung von historischem Mauerwerk aufgezeigt werden. Dazu seien die Grundpositionen beider Disziplinen skizziert:

Abb. 1: Die untersuchten Burganlagen in der Übersicht: Die Festung Rosenberg in Kronach und die Giechburg bei Scheßlitz sowie die Kalksteinburgen Burg Waischenfeld in Waischenfeld und Burg Rabenstein bei Kirchahorn (o. l. nach u. r.). Bildautoren: o. l.: Stadt Kronach, o. r. Ökologische Bildungsstätte Oberfranken, u. l. und u. r.: Rainer Drewello

Der **Denkmalschutz** verfolgt das Ziel, Kulturdenkmäler dauerhaft zu erhalten, wobei sich die Denkmalpflege als der verlängerte Arm des Denkmalschutzes für alle Maßnahmen zur Erhaltung und Instandsetzung versteht. Grundlage ist die Denkmalliste, in der alle geschützten Denkmale verzeichnet sind. Da die Vorstellungen von Eigentümer und Denkmalpfleger nicht selten weit auseinander liegen und die Nutzungswünsche manchmal schwer mit dem Denkmalbestand in Einklang zu bringen sind, hat die praktische Denkmalpflege die Aufgabe, zusammen mit den Eigentümern die bestmögliche und eine auf das individuelle Denkmal abgestimmte Lösung zu finden. Kriterien wie „richtig“ oder „falsch“ und dogmatische

Grundpositionen sind einer abwägenden Bewertung gewichen, in der erörtert wird, inwieweit eine bestimmte Lösung unter den jeweiligen Zielsetzungen und Rahmenbedingungen angemessen ist oder nicht. Bei der Wahl der Optionen und der Formulierung der Ziele sind drei Grundpositionen von Bedeutung.

An erster Stelle stehen die fachliche Feststellung des Denkmalwerts und die eventuelle Nominierung für die Denkmalliste. Der Wert bemisst sich an der ideellen und historischen Bedeutung und dem geschichtlichen Werdegang des Bauwerks oder Kunstdenkmals. Altersspuren werden als Zeitzeugen interpretiert und der Quellenwert an der Unverfälschtheit des Objekts gemessen. Somit genießt der geschichtlich gewachsene Zustand hohe Priorität und alles Bestreben ist dahin gerichtet, diesen Zustand zu erhalten und nicht zu verfälschen. Verjüngungskuren steht man skeptisch gegenüber; ebenso lehnt man es ab, einen fiktiven Originalzustand durch Renovierung herzustellen.

Zum Zweiten wird in unserem Kulturkreis dem Material eine besondere Bedeutung beigemessen, denn ein Kunstwerk ist ebenso wenig wie ein Baudenkmal nur eine Idee. Zum schützenswerten Objekt wird es erst durch die handwerklich-künstlerische oder bautechnisch-konstruktive Umsetzung mithilfe eines Werkstoffs. Deshalb soll die materielle „Substanz“ durch Reparatur, Instandsetzung und Pflege so weit als möglich erhalten werden, denn nur sie gibt Zeugnis vom Original.

Zum Dritten weiß man, dass nur das, was in Gebrauch ist, auch gepflegt wird. Ohne Nutzung und Pflege lassen sich Kulturgüter auf Dauer nicht vor dem Verfall bewahren. Der Denkmalpflege kommt dabei die Aufgabe zu, den Spagat zwischen Nutzungswünschen und Erhaltung des Zeugniswertes zu meistern. Im Zentrum der Bemühungen steht jedoch immer das Ziel, die Vielfalt an Ideen, Lebenskonzepten und Gesellschaftsentwürfen zu bewahren, die sich im gebauten kulturellen Erbe niedergeschlagen haben. Denkmalverluste werden nicht nur als Verluste von originaler Materie, sondern auch als Verlust an gesellschaftlicher Substanz und Identität interpretiert.

Zentrale Ziele des **Umwelt- und Naturschutzes** sind die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen von Menschen, Tieren und Pflanzen und die Bewahrung von Flora und Fauna in ihrer gesamten Vielfalt. Die geistigen Eckpunkte sind hierbei die Vision von einer zukunftsfähigen Welt, in der die Bewahrung und die schonende Nutzung der natürlichen Lebensgrundlagen und unseres Naturerbes höchste Priorität besitzen. Global bedeutet dies die gerechte Verteilung des zur Verfügung stehenden Lebensraumes auf der Basis ökologischer Erneuerung.

Gegenstand des Naturschutzes sind Naturlandschaften, Naturdenkmäler und besonders ausgewiesene Schutzgebiete. Die Übergänge zum Landschaftsschutz, für den die menschliche Nutzung einer Landschaft, die Pflege des Landschaftsbilds und des Erlebnis- und Erholungswerts im Vordergrund stehen, sind fließend. Der Naturschutz konzentriert sich dabei dezidiert auf die Erhaltung seltener, in ihrem Bestand gefährdeter Pflanzen und Tierarten (Arten der Roten Liste) an ihren jeweiligen Standorten. Seine besondere Aufmerksamkeit gilt daher Biotopen, die in Ökosysteme und Kreisläufe eingebunden sind. Er beschäftigt sich mit Standortfaktoren wie dem Bodenschutz, dem Mikroklima, der Luftreinhaltung oder dem Lärmschutz. Zu anderen potenziell schädigenden Einflüssen werden die Zerschneidung und Isolation von Lebensräumen gezählt, für die auch denkmalpflegerische Maßnahmen verantwortlich sein können. Dies betrifft sowohl Einzeldenkmäler, beispielsweise in Zusammenhang mit dem Vogel- oder Fledermausschutz, als auch Ensembles in historischen Kulturlandschaften, die unter Umständen zu Ersatzlebensräumen für seltene Tier- und Pflanzenarten geworden sind.

Aus den genannten Gründen können Burgmauern, Stadtbefestigungen oder Festungsanlagen Objekte des Denkmalschutzes und des Naturschutzes sein. Die Bauwerke besitzen in der Regel keinen praktischen Gebrauchswert mehr, ihre wehrtechnische Nutzung ist überholt, ihre Machtdemonstration durch Abbruch oder Umwertung in Vergessenheit geraten. Übrig geblieben sind Konversionsmodelle oder Ruinen, die Teil der natürlichen Umgebung geworden sind. Romantisch inspirierte Vorstellungen von efeuüberwucherten Ritterburgen sind aber nicht mehr Gegenstand des Nachdenkens über das nutzlose Mauerwerk. Vielmehr ist es die Bedeutung der ausgedehnten Bauten als Rückzugsorte für geschützte Arten, die sich im Laufe der Zeit dort haben entwickeln können. Es liegt aber in der Hand der Eigentümer, der Nutzer und der beteiligten Behörden, die Aufgaben des Bauunterhalts mit naturschutzfachlichen Aspekten in Einklang zu bringen. (Aktuelle Literatur zum Thema vgl. Brickwedde & Weinmann 2004; BHU 2005 und 2007; Jakobs 2008; Arbeitskreis Theorie und Lehre in der Denkmalpflege 2009 und 2010).

Der Umgang mit Fauna und Flora auf Denkmälern entbehrte bis vor Kurzem weitgehend jeder wissenschaftlichen Grundlage. Nirgends waren Möglichkeiten aufgezeigt, wie man die Erfordernisse der Instandhaltung und Steinkonservierung mit den Anforderungen des Artenschutzes korreliert. Deshalb sollten zunächst die Schnittmengen der Vorstellungen von Natur- und Denkmalschutz in einem interdisziplinären Projekt zwischen Naturschützern, Denkmalpflegern und Materialkundlern ausgelotet werden, was mithilfe einer Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung

Umwelt (DBU) ab dem Jahr 1998 in einem ersten Modellprojekt zu den Wallmauern der Festung Rosenberg in Kronach ermöglicht wurde. Dass das Thema zu diesem Zeitpunkt ein Desiderat des wissenschaftlichen Denkmal- und Naturschutzes war, beweist das große Interesse an dem Projekt in Fachkreisen. Die Kooperation zwischen den beiden Disziplinen war nicht grundsätzlich neu, wie das Beispiel des Fledermausschutzes zeigt (Architekten und Denkmalpfleger können in verschiedenen Publikationen schnell und leicht verständlich, von A – wie Alpenfledermaus bis Z – wie Zwergfledermaus, das Wesentliche zu diesem Thema in Erfahrung bringen). Nur gab es beispielsweise weder leicht zugängliche Information über die Lebensbedingungen von Stauden, Blütenpflanzen und Moosen auf Mauern, noch Hinweise zu den dort lebenden Tiergemeinschaften. Und sich beispielsweise über Flechten kundig zu machen, erforderte fast ein Aufbaustudium in Flechtenkunde, und das, obwohl gerade den Flechten eine große Rolle beim Bauwerkserhalt zukommt.

Das Ziel des Projekts war deshalb nicht nur die wissenschaftliche Aufarbeitung der Fragen, auf welche Weise sowohl die Lebensgrundlage von seltenen Tieren und Pflanzen als auch die Denkmalsubstanz erhalten werden kann, sondern auch die Bereitstellung der Resultate in Form eines allgemein verständlichen und praxisbezogenen Leitfadens.

1.2 Von den Kronacher Wallmauern zu drei Burgen in der Fränkischen Schweiz

Die Arbeiten begannen in den Jahren 1998 bis 2001 mit dem angesprochenen Modellvorhaben, dessen vollständiger Titel „Wissenschaftliche Untersuchungen und Restaurierung von Mauerwerk der Festungsmauer Rosenberg (Kronach/Bayern) in beispielhafter Zusammenarbeit von Natur und Denkmalschutz“ (Wallmauerprojekt) lautet. Durch die abgestimmten Untersuchungen zu den Gesteinseigenschaften und zum Tier- und Pflanzenbestand gelang es, gänzlich neue Denkansätze zu entwickeln und Sanierungstechniken für Sandstein zu konzipieren, bei denen erstmals auch naturschutzfachliche Belange Berücksichtigung fanden. Im Jahr 2001 entschloss man sich in Abstimmung mit dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege und dem für die Festung Rosenberg zuständigen Bauamt in Coburg für einen gemeinsam projektierten Großversuch: An einem aus Buntsandstein errichteten Verteidigungsbau, dem Waffenplatz Philipp, der zu den im 18. Jahrhundert errichteten Vorwerken der Festung gehört, wurde eine über 30 Meter lange und drei Meter hohe Musterfläche angelegt. Das Projekt und die in seiner Laufzeit gewonnenen Erfahrungen und entwickelten Pflegehinweise zum Umgang mit dem Mauerwerk publizierte das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege im Jahr 2002 (Pick et al. 2002;

zur Festung Rosenberg vgl. Tourismus- und Veranstaltungsbetrieb der Stadt Kronach 2002).

Da der Nachhaltigkeit von Sanierungen in der freien Natur enge Grenzen gesetzt sind und keine belastbaren Daten zur zeitabhängigen Auswirkung von Restaurierungen auf Flora und Fauna einerseits und dem Denkmalgestein andererseits vorliegen, wurde im Jahr 2005 bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und der Oberfrankenstiftung in Bayreuth ein zweites Vorhaben beantragt, das eine Nachuntersuchung der Kronacher Musterachse zum Inhalt hatte („Burgenprojekt"). Das Untersuchungsprogramm wurde inhaltlich ergänzt und um das Material Kalkstein erweitert, weil einheimischer Kalkstein das für Festungsanlagen im süddeutschen Raum am häufigsten eingesetzte Gestein ist. Die Erkenntnisse aus beiden Projekten sind in Form des vorliegenden Leitfadens zusammengefasst.

Außer der aus Buntsandstein errichteten Festung Rosenberg waren drei weitere oberfränkische Burgen Teil des Burgenprojekts (Abb. 2). Die ausgewählten Bauwerke unterscheiden sich hinsichtlich der Gesteine und der Bauweise der untersuchten Mauerabschnitte (freistehend und erdberührend, Bruch- und Werksteinmauerwerk; offene und mit Mörtel verschlossene Fugen). Folgende Objekte wurden untersucht (vgl. Kunstmann 1965):

a) Am westlichen Rand der Nördlichen Frankenalb, dem Albtrauf bei Scheßlitz im Landkreis Bamberg, liegt die **Giechburg**, auch Burg Giech genannt. Sie wird erstmals im Jahr 1125 in einer Schenkungsurkunde des Bischofs Otto I. des Heiligen erwähnt und im 15. Jahrhundert durch die Bamberger Bischöfe großzügig ausgebaut. Nach den Zerstörungen durch die Hussiten und während der Bauernaufstände im 16. Jahrhundert wurde sie als Renaissanceschloss wiederaufgebaut, verfiel aber in der Folgezeit zusehends. Heute zeichnet sich der überkommene Bestand durch die Verwendung von Werksteinquadern aus gelbem Doggersandstein, Bruchsteinmauerwerk aus Malmkalk und die Integration des anstehenden Felsens in das Mauerwerk aus.

Die aus Kalk- und Sandstein erbaute Giechburg bildet das Bindeglied zwischen der Sandstein-Festung Rosenberg, die den Naturraum Obermainisches Hügelland im Übergangsbereich zum Nordwestlichen Frankenwald repräsentiert und den folgenden beiden Untersuchungsobjekten aus Kalkstein in der Nördlichen Frankenalb:

b) Die **Burg Waischenfeld** im Landkreis Bayreuth gehört zur gleichnamigen Stadt. Sie wird 1122 erstmals urkundlich erwähnt. Burg und Stadt kamen nach 1348 in den Besitz des Bistums Bamberg. Das alte Schloss diente seit etwa 1600 als Getreideboden und verfiel langsam. Die teilweise

noch bestehende Ummauerung und der mächtige Wehrturm sind aus einheimischem Massenkalk errichtet, der als Bruchsteinmauerwerk verbaut wurde. Die Burg liegt im mittleren Einzugsgebiet des Flusses Wiesent im Naturraum Nördliche Frankenalb.

c) Die **Burg Rabenstein** bei Kirchahorn im Landkreis Bayreuth ist eine der markantesten Burganlagen der Fränkischen Schweiz. Sie liegt auf einem Felsvorsprung über dem Ailsbachtal und wurde im letzten Viertel des 12. Jahrhunderts errichtet. Im 14. Jahrhundert kam es zum Ausbau der Burggebäude und der Übernahme durch die Burggrafen von Nürnberg. Zahlreichen Teilzerstörungen und Wiederaufbauten im 16. Jahrhundert folgte im Dreißigjährigen Krieg die fast vollständige Zerstörung der Anlage. In der Folgezeit wurde die Burg teilweise wiedererrichtet und der vorgelagerte Burghof zum Schloss ausgebaut. Bis ins 20. Jahrhundert hatte die Anlage als Halbruine Bestand, ein umfangreicher Wiederaufbau der Kernburg im Sinne einer Neuschöpfung erfolgte ab den 1975er-Jahren.

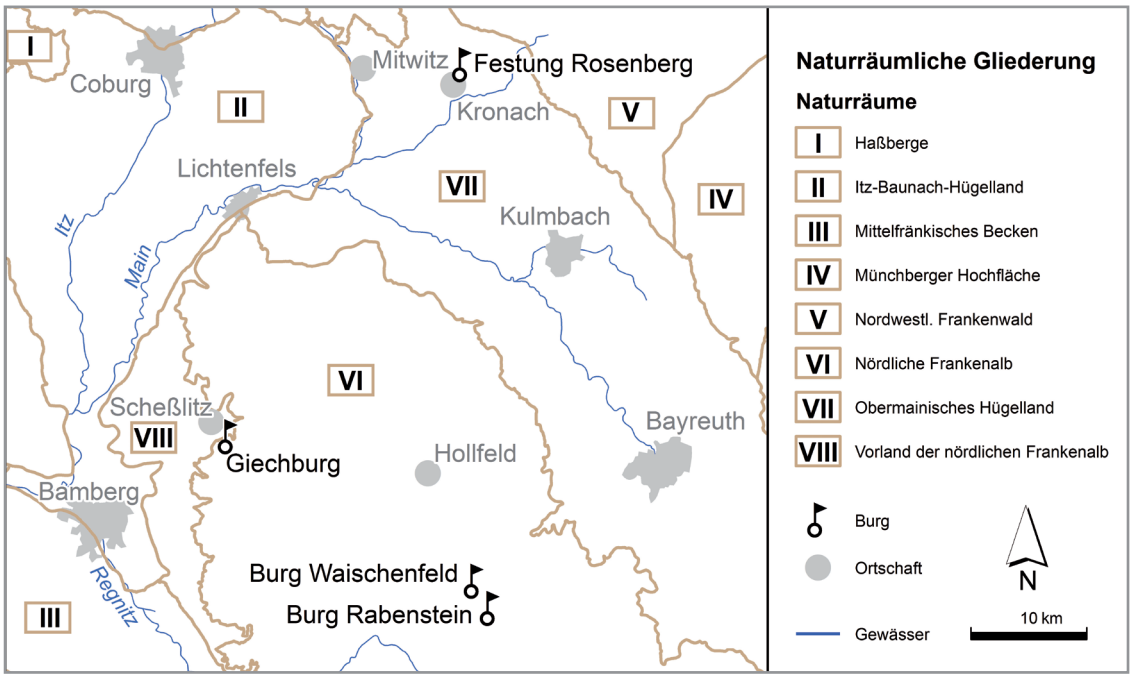

Abb. 2: Naturräumliche Lage der Untersuchungsobjekte (Karte: Reinhold Stahlmann)

1.3 Untersuchungsflächen

Der im Jahr 2001 am Waffenplatz Philipp der Festung Rosenberg durchgeführte Großversuch (Abb. 3, Abb. 4) sollte Erkenntnisse über die Entwicklung der Vegetation und dem damit in Zusammenhang stehenden Verlauf der Steinkorrosion an den unterschiedlich behandelten Mauerabschnitten erbringen und Aussagen zur Nachhaltigkeit der unterschiedlichen Maßnahmenkonzepte auf Flora und Fauna liefern. Nach fünf Jahren Expositionszeit wurde im Jahr 2006 die dreigeteilte, in folgende Abschnitte untergliederte Musterfläche einer kritischen Bewertung unterzogen (Abb. 5):

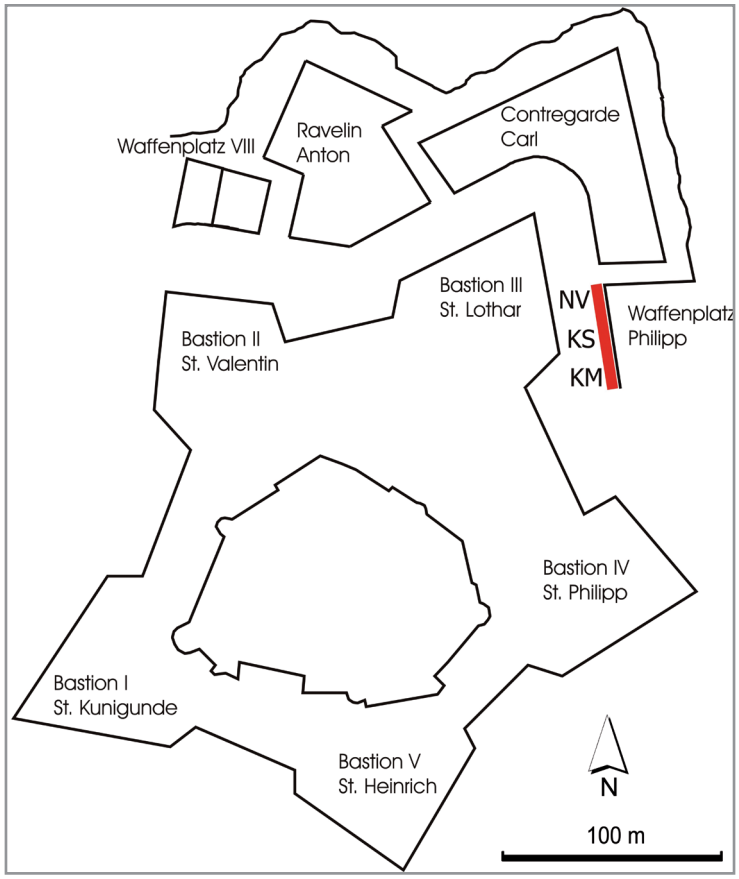

Abb. 3: Lage der Untersuchungsflächen an der Festung Rosenberg (NV = naturverträgliche Variante, KS = Kompromisslösung, KM = konventionelle Sanierung) (Grafik: Andreas Schmiedinger)

a) **Naturverträgliche Restaurierung** (NV); sie ist als Minimaleingriff gedacht und gibt den naturschutzfachlichen Aspekten den meisten Raum.

b) **Konventionelle Sanierung** (KS); an diesem Mauerabschnitt wurde das für Sanierungen übliche Vorgehen praktiziert.

c) **Kompromisslösung** (KM); hier wurde versucht, die zentralen Anliegen der beiden konträren Vorgehensweisen zu berücksichtigen.

Abb. 4: Musterachse an der Festung Rosenberg in Kronach mit den unterschiedlich intensiv behandelten Flächen (Foto: Rainer Drewello)

Zu a): Bei der Durchführung der naturverträglichen Variante (NV) wurden – außer der für alle Testfelder beschlossenen Entfernung der Gehölze – keine weiteren Eingriffe in die Vegetation vorgenommen. Die Humusschicht auf der Mauerkrone wurde vorsichtig abgehoben, für die Dauer der Arbeiten umgelagert und anschließend wieder aufgebracht. Die stets als kritisch zu wertende Oberflächenreinigung wurde nur in Bereichen restauratorischer Maßnahmen durchgeführt. Steinaustausch, Steinreparaturen und das Schließen von Fehlstellen waren nur vorgesehen, wenn die Statik es erforderte oder Vorsorgemaßnahmen zu treffen waren. Das Verfugen von Lager- und Stoßfugen beschränkte sich auf das absolute Minimum und folgte den denkmalpflegerischen Leitlinien der Substanzerhaltung und Schadensprävention.

Zu b): Anders war die konventionelle Sanierung konzipiert: Nach der vollständigen Entfernung der Vegetation erfolgte eine Heißdampfreinigung der gesamten Steinoberfläche und des Fugennetzes. Anschließend wurde die Mauerfläche mit Ausnahme von Pressfugen mit einem Kalkmörtel verfugt. Fehlstellen im Mauerwerk sind durch Steinaustausch oder das Einsetzen von Passstücken gefüllt, Risse in den Werksteinquadern geschlossen worden.

Zu c): Die dritte Variante ist ein Vermittlungsversuch zwischen den beiden Extremoptionen. Deshalb wurden auch alle Gefäßpflanzen entfernt, Moose und Flechten aber belassen. Konservatorische Maßnahmen wie Reinigung, Fugenverschluss und Steinergänzung blieben auf das Notwendigste beschränkt und folgten denkmalpflegerischen Prinzipien. Zur Bewahrung des ökologisch intakten Umfelds wurden Nischen und Maueröffnungen beibehalten, soweit es die Statik zuließ. Das Fugennetz wurde nur dann verschlossen, wenn die Fugenbreite in gleicher Weise mehrere Millimeter überstieg; mit dem Belag auf der Mauerkrone wurde in gleicher Weise verfahren wie bei der naturverträglichen Variante.

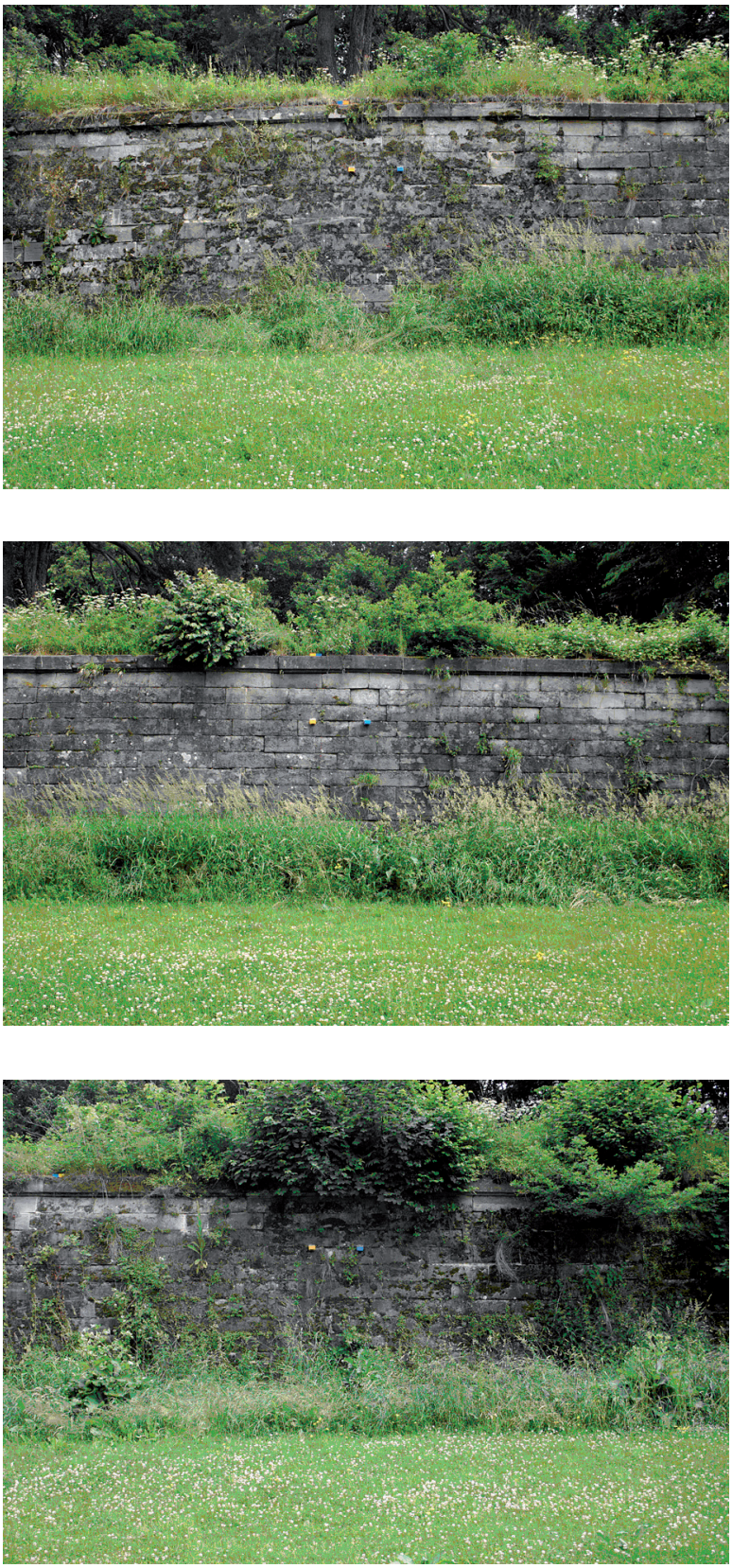

Abb. 5: Von oben nach unten: Naturverträgliche, konventionelle Sanierung und Kompromisslösung im Jahr 2006 (Bild: Ursula Drewello)

An der Giechburg fiel die Auswahl der Untersuchungsflächen (Abb. 6) auf zwei Mauerabschnitte (Gbg 4, Gbg 5) und einen Felsenbereich (Gbg 6). Die Mauern der Fläche Gbg 5 waren aufgrund jüngerer Sanierungsmaßnahmen kraftschlüssig mit Kalkzementmörtel verfugt und wiesen nur kleinere Fehlstellen auf. Die Untersuchungsfläche Ggb 4 untergliederte sich in einen senkrechten Bereich am Turm und einen Teilbereich, der als Mauerabschnitt beschrieben werden kann, in dem das anstehende Gestein integriert ist. Die Fläche ist deutlich geneigt und weist ein Gefälle von 10° bis 20° auf.

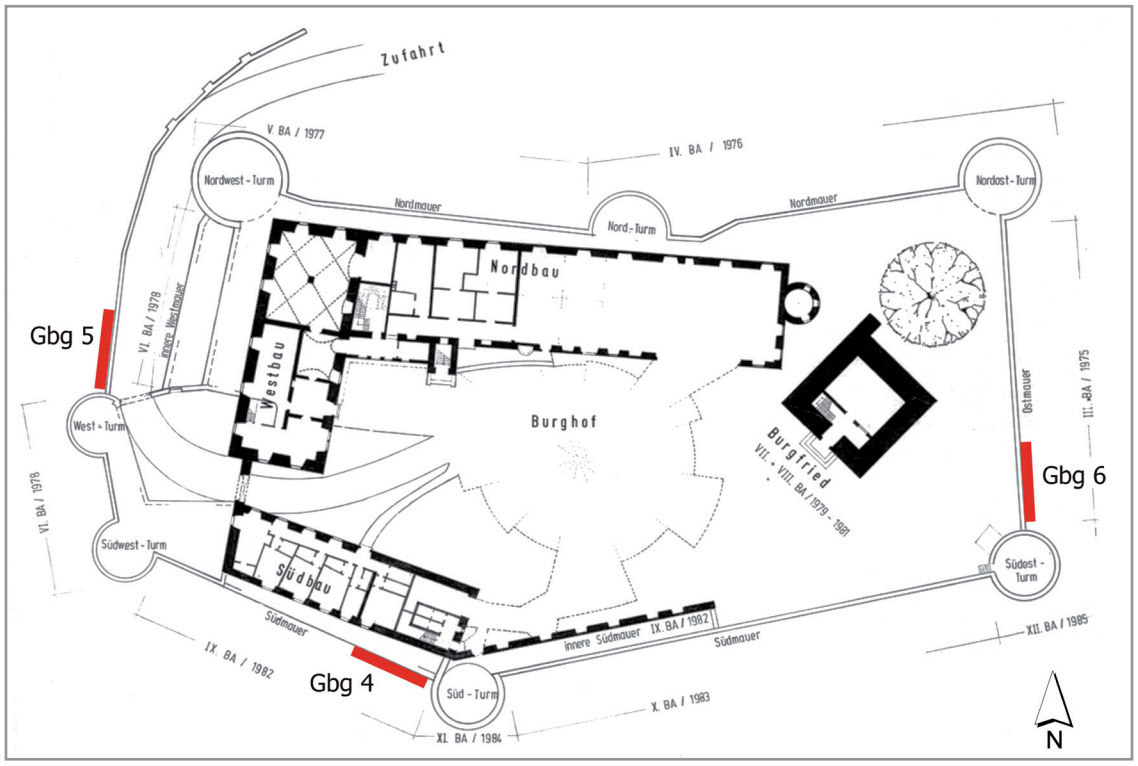

Abb. 6: Lage der Untersuchungsflächen an der Giechburg (Landratsamt Bamberg, Bauamt, verändert)

Im Gegensatz zu den Musterflächen in Kronach und an der Giechburg haben die ausgewählten Mauerabschnitte an der Burg Waischenfeld keinen unmittelbaren Kontakt zum anstehenden Erdreich, sondern sind beidseitig frei exponiert (Abb. 7). Ihre Besonderheit ist in den unterschiedlichen Licht- und Beleuchtungsverhältnissen begründet. Gewählt wurden ein beschattetes (Wfd 1a), ein besonntes (Wfd 1b) und ein mit Efeu bewachsenes (Wfd 2) Testfeld. Die Verfugung des Bruchsteinmauerwerks mit Kalkzementmörtel lässt nur wenig Raum für eine Besiedelung durch Flora und Fauna.

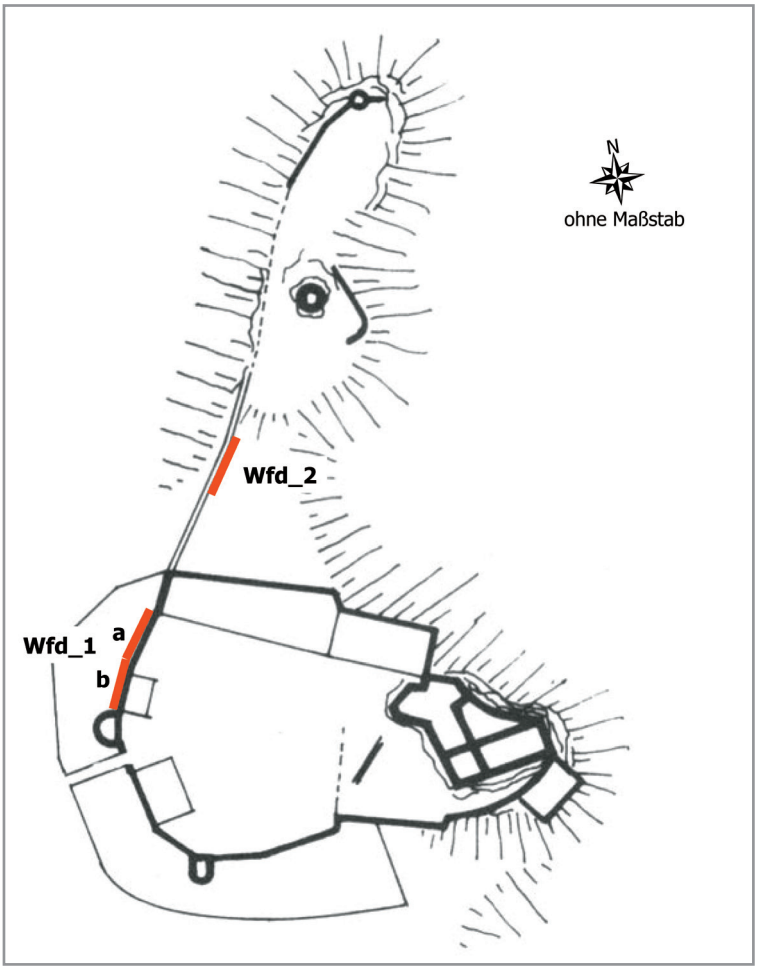

Abb. 7: Lage der Untersuchungsflächen an der Burg Waischenfeld (aus KRAHE 1994, verändert)

An der Burg Rabenstein wurden zwei erdberührende Mauerabschnitte der ersten Ummauerung in das Untersuchungsprogramm aufgenommen; die Auswahl fiel dabei auf Bruchsteinmauern, die sowohl über ein offenes als auch über ein geschlossenes Fugennetz verfügen (Abb. 8).

In diesem Fall grenzt die Mauerkrone ebenerdig an Wiesen bzw. Ruderalflächen mit aufkommendem Strauch- und Baumbewuchs an, sodass Tiere prinzipiell von oben an die Mauerfläche gelangen können und auf diese Weise eine Korrelation mit den Testfeldern an der Festung Rosenberg hergestellt werden konnte. Die untersuchten Mauerbereiche waren bis Projektbeginn an der Basis durch Strauch-, Baum- und teilweise dichten Brennnesselbewuchs beschattet. Zur besseren Beurteilung der Auswirkung auf Wärme liebende Arten wurden die Sträucher und Bäume nahe der Mauer und auf der Mauerkrone im Oktober 2006 entfernt.

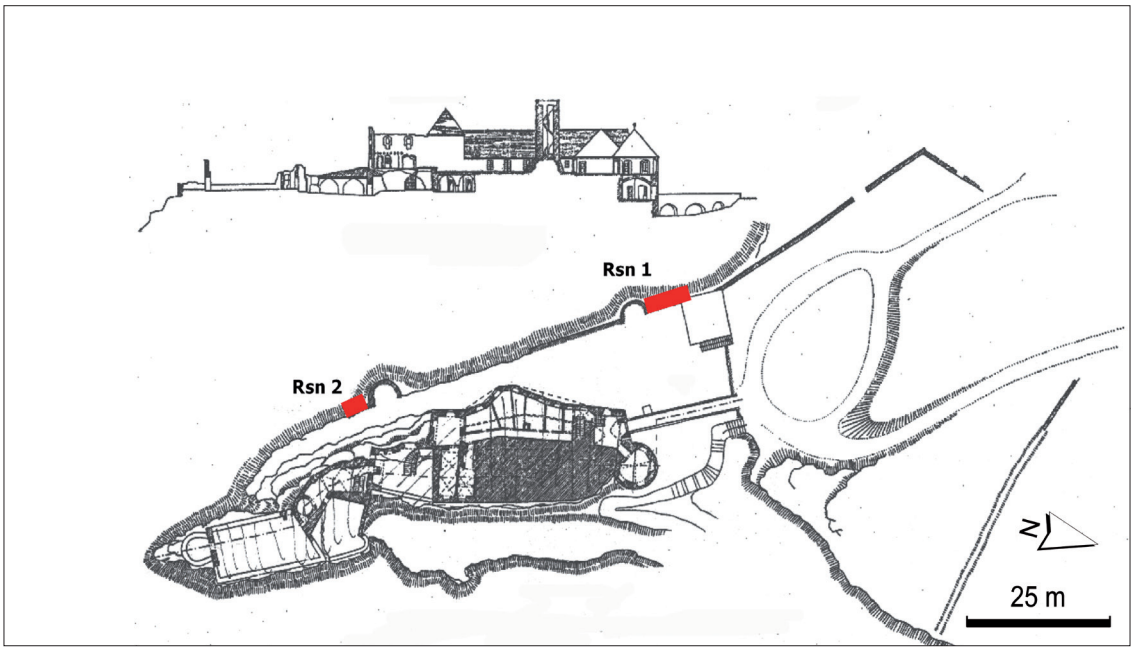

Abb. 8: Lage der Untersuchungsflächen an der Burg Rabenstein (aus KUNSTMANN 1965, verändert)

2 Lebensraum Natursteinmauer

Carl Beierkuhnlein, Rainer Drewello, Ursula Drewello, Andreas Schmiedinger, Rolf Snethlage, Andreas Gohlke

2.1 Ökologische Bedingungen an Mauern

In Mitteleuropa sind Natur- und Lebensräume, in denen natürliche Prozesse vorherrschen, selten geworden. Kulturlandschaften und Siedlungsräume sind seit Langem eng miteinander verwoben. Der Mensch hat gerade hier seine Umwelt beeinflusst und verändert und dabei Ökosysteme und ihre Biodiversität teils gewollt und teils unbeabsichtigt gestaltet. Kulturlandschaften können in ihrer Wertigkeit am besten durch die Fortführung historischer Nutzungsformen erhalten werden. Entzieht sich der Mensch und überlässt die Natur allein biologischen Prozessen oder chemischen und physikalischen Mechanismen, dann ergeben sich hieraus in vielen Fällen Lebensgemeinschaften, die weniger Arten enthalten, die Strukturvielfalt genutzter Landschaften vermissen lassen und sich durch den Verlust vieler gefährdeter oder rechtlich geschützter Arten auszeichnen. Neben der Erhaltung von Kulturlandschaften, sind es die wenigen, wirklich natürlichen Standorte, deren Bewahrung die höchste Priorität im Naturschutz zukommt. Zu solchen Lebensräumen gehören einige Meeresküsten, Reste von Mooren, Waldquellen, Kiesbänke in nicht regulierten Alpenflüssen, Blockmeere und vor allem Felsbildungen und -wände. Letztere treten zwar im Hochgebirge konzentriert auf, sind jedoch auch in den Mittelgebirgen und, wenn auch selten, im Hügelland anzutreffen.

Mauern an historischen Gebäuden stellen nun einen Lebensraum dar, der einerseits von (historischer) menschlicher Tätigkeit bestimmt ist, denn ohne die Bautätigkeit der Vergangenheit würde es diese Gebäude nicht geben. Anderseits sind sie aufgrund ihres Alters, ihrer geringen Störungen und extremen mikroklimatischen Bedingungen, ihrer Größe und der Häufigkeit ihres Auftretens im Raum ein lange Zeit unterschätztes Element in Biotopverbundkonzepten. Sie ähneln in ihren ökologischen Bedingungen natürlichen Felsbildungen, die in unseren Breiten natürlicherweise rar sind und in den letzten Jahrzehnten noch zusätzlich durch Verbuschen gefährdet sind. Seit den Rodungen im Mittealter, die um das Jahr 1300 kulminierten, war unsere Region durch Offenland geprägt. Waldflächen waren die Ausnahme; selbst an steilen Hängen waren Felsen durch Weidewirtschaft freigestellt. Über mehrere Jahrhunderte konnten sich so wärmeliebende, trockenheitstolerante und anspruchslose Arten, die vor allem aus südlichen Gefilden stammen, an Standorten etablieren, welche für das gemäßigte mitteleuropäische Klima extreme Bedingungen boten. Diese Arten sind

oft relativ konkurrenzschwach und können sich auf nährstoffreichen Böden nicht gegen andere behaupten. Die Extrema von Felsflächen stellen für sie sozusagen einen Schutzraum dar. Viele der dort wohnenden Tier-, Pflanzen- und Flechtenarten fanden in letzter Zeit aber nur an Burgen- und Wallmauern neue Lebensräume oder haben sich konkret auf Lebensräume an Mauerstandorten spezialisiert (Heckmann 1992, Weber & Büdel 2001). Denn während im Hochmittelalter weniger als 10 Prozent der Fläche Deutschlands mit Wald bedeckt waren, sind es heute wieder etwa 30 Prozent. Damit werden auf der einen Seite erneut natürliche Ökosystemprozesse stärker wirksam (beispielsweise die Entwicklung pflanzlicher Biomasse und deren Beitrag zum regionalen Klima), auf der anderen Seite sind die trockenheitstoleranten und anspruchslosen Arten in ihrer Existenz bedroht, obwohl sie in den letzten Jahrhunderten integraler Bestandteil unserer Flora und Fauna geworden sind.

Ein anderes Beispiel sind Großbauwerke des Mittelalters, die teilweise bis heute in baulicher Kontinuität stehen. In einigen alten Kulturlandschaften Westeuropas sind Trockenmauern, die der Einfriedung landwirtschaftlicher Parzellen dienten, über Gebäudemauern weit in die Kulturlandschaft hinein vernetzt. Heute sind gerade sie es, die der wichtigste Lebensraum für trockenheitsresistente Pflanzen, Flechten, Moose, aber auch für Tiere wie Reptilien oder sogar Amphibien sind, wie das Beispiel der Geburtshelferkröte zeigt (*Alytes obstetricans*).

Über die Zeit haben sich aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsintensität große Unterschiede zwischen historischen Bauwerken und privaten Wohnhäusern oder Gebäuden mit gewerblicher oder industrieller Nutzung ergeben; sie begründen eine der wesentlichen ökologischen Eigenschaften dieser Bauwerkskategorie. Die historischen Bauten waren zwar auch Veränderungen unterworfen, doch liegen diese meist Jahrzehnte oder Jahrhunderte zurück, sodass die Gebäudemauern über lange Jahre bis in die heutige Zeit von intensiver Nutzung verschont blieben. Auch wenn kriegerische Zerstörungen stattfanden, die Gebäude verlassen wurden oder ihre Nutzung verloren, blieb doch die gebaute Substanz erhalten. Veränderungen, welche die dort lebenden Organismen betrafen, erfolgten vor allem im Umland. Landnutzungsänderungen, die Aufgabe extensiver landwirtschaftlicher Nutzung, Urbanisierung, Fragmentierung durch Verkehrswege und weitere Prozesse führten dazu, dass natürliche Standorte mehr und mehr verloren gingen oder in ihrer Lebensraumqualität beeinträchtigt wurden. So konnten sich gerade an historischen Mauern langfristig stabile Lebensbedingungen für Flora und Fauna ausbilden.

Aufgrund der physischen Ähnlichkeit der ökologischen Bedingungen mit Felsstandorten wurden im Verlauf der vergangenen Jahrhunderte

Mauern als Lebensraum von verschiedensten Tier- und Pflanzenarten genutzt. Sie beherbergen sogar eine außergewöhnliche und artenreiche Flora und Fauna. Insbesondere reich gegliederte Burg- und Festungsanlagen zeichnen sich durch eine ausgesprochene Vielfalt an Umweltbedingungen aus, die sich teils aus der Unterschiedlichkeit der verwendeten Baumaterialien, teils aus der Bauausführung ergibt und von den zur Verfügung stehenden Mitteln und technischen Kenntnissen abhängt. Ein wichtiges Kriterium ist die Unterschiedlichkeit der Größe und Exposition der Mauerflächen. So konzentrieren sich Wärme liebende Arten an süd- und südwestlich ausgerichteten Bereichen. In enger Nachbarschaft finden sich an nahezu jedem Gebäude aber auch Flächen mit nördlicher Ausrichtung sowie Flächen, die morgendlicher Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, oder andere, die sich erst am Nachmittag erwärmen. Diese Vielfalt der zeitlichen Organisation und der absoluten Wärmemengen bietet den unterschiedlichsten Organismen eine Lebensgrundlage und schützt gleichzeitig konkurrenzschwächere Arten.

Doch selbst an einer Mauerfläche können die thermischen Bedingungen sehr heterogen sein (Abb. 9). Dies hat teils mit dem konstanten Wechsel von Bausteinen und Fugen zu tun, teils mit dem Vorhandensein wechselnder Baumaterialien (die sich in ihrer Wärmekapazität und ihrem Albedo unterscheiden können) und ist teils auf den Feuchtigkeitshaushalt des Gebäudes zurückzuführen. Sanierungen können die Vielfalt der Oberflächenfeuchte noch erhöhen, indem einzelne Bausteine durchnässt werden, weil die erforderliche Abführung von Feuchte, beispielsweise durch Abdichten von Fugen, nicht mehr gewährleistet und die Wasserführung gestört ist. Pflanzen, die auf dieses Feuchtigkeitsangebot reagieren (Abb. 10), sind Indikatoren solch missglückter Maßnahmen. Ihr Vorkommen sollte nicht als Ursache des Problems missinterpretiert werden.

Ein weiterer Faktor, der der Einschätzung der ökologischen Eigenschaften von Gebäuden dient, sind die physikalischen Eigenschaften der Maueroberflächen. Eine raue Oberfläche ermöglicht zum einen die Fortbewegung von Tieren, zum anderen die Ansiedlung von Pflanzen, die wiederum die Nahrungsgrundlage für viele Tiere sind. Hoher Strukturreichtum erleichtert somit das Aufsuchen der günstigsten Orte. Dabei bestimmt das Substrat in Form von Gestein und Mörteln mit seinen Rissen und Spalten, seiner Härte (Grabbarkeit), Körnung und Porosität wesentlich die ökologischen Eigenschaften dieses Lebensraums. Risse und Fehlstellen in Mauerfugen, an den Mauerkronen und am Mauerfuß bilden für verschiedene gefährdete Arten wichtige Rückzugsräume. Für die Entstehung derartig heterogen gestalteter Refugien werden jedoch oft mehr als fünf Jahrzehnte benötigt (Keil & Kordges 1996, siehe Abb. 11).

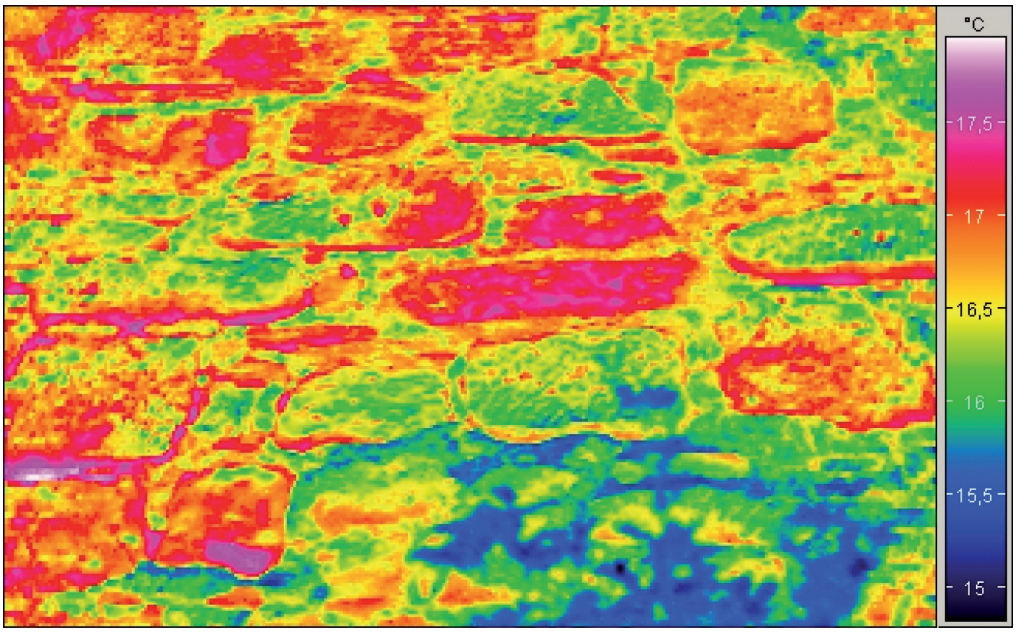

Abb. 9: An einer Natursteinmauer können in kleinflächigem Maßstab sehr unterschiedliche Feuchtigkeitsverhältnisse und Temperaturen auftreten. Diese thermische Heterogenität ist vor allem für Tierarten interessant, die ihren Wärmehaushalt selbst nur bedingt regeln und ausschließlich durch das Aufsuchen einer geeigneten Stelle sich entweder kühlen oder aufheizen können. Foto: Andreas Schmiedinger

Abb. 10: Vereinzelt auftretende moosbewachsene Natursteine sind ein Zeichen für ein verstärktes Feuchtangebot an dieser Stelle (Festung Rosenberg, Kernpentagon, Ostseite; zugesetzter Entwässerungsschacht). Foto: Rainer Drewello

Nach Brandes (1996) ist die Entwicklung nach Zerstörung dieser Refugien nicht durch Neueinsaat und Anpflanzung auszugleichen. Durch die langen Zeiträume ihrer Entstehung, die von den spezialisierten Arten im besiedelten Raum benötigt werden, kommt dem Naturschutz auf diesen Flächen bzw. dem Einsatz naturverträglicher Sanierungsmethoden eine große Bedeutung zu. Bei Restaurierungen sollte man deshalb äußerste Sorgfalt walten lassen, um vorhandene Mikrohabitate durch Bauarbeiten nicht unnötig zu beeinträchtigen oder gar zu zerstören.

Abb. 11: Verwitterte Mauerformation mit Zymbelkraut (*Cymbalaria muralis*), das Fugen bzw. größere Risse zur Ausbreitung benötigt.
Foto: Andreas Schmiedinger

Ferner ist in Betracht zu ziehen, dass die Oberfläche eines Mauerwerkes bei offenen Fugen mit dem dahinter liegenden, oft unzugänglichen Inneren der Mauer in Verbindung steht. Für viele geschützte und seltene Arten, wie Fledermäuse und Reptilien, stellt gerade dies eine entscheidende Lebensraumqualität dar, da sie mit Schutz vor Prädatoren und mit ausgeglichenem, mildem Klima, beispielsweise während des Winters, verbunden ist. Mitunter stehen die Hohlraumsysteme hinter der Mauer sogar mit Gebäudeteilen, Kellern, Dachstühlen, etc. in Kontakt (Abb. 12). Dann beeinträchtigt eine Abdichtung durch Verfugung nicht nur die Lebensraumbedingungen der Oberfläche, sondern das ökologische Potenzial des gesamten Gebäudes.

Abb. 12: Oft sind Fugen historischer Gebäude mit einem dahinter liegenden Hohlraumsystem verbunden. Solche Spalten, die sich durch ausströmende feuchte Luft bemerkbar machen, sind besonders wichtige Elemente, da sie Fledermäusen den Zugang zu frostsicheren Winterquartieren ermöglichen. Foto: Carl Beierkuhnlein

Die chemische Zusammensetzung des zur Verfugung verwendeten Mörtels ist ein weiterer Faktor, der zu erklären hilft, warum mitunter bestimmte Arten an einem Gebäude vorkommen oder fehlen. Die im Mörtel gebundenen Substanzen können im Laufe der Zeit in Lösung gehen, sodass auch an einer reinen Sandsteinmauer Kalkpflanzen vorkommen. Hier sollte allerdings nicht der Aspekt der Biodiversität, sondern der Anpassung an natürliche Lebensgemeinschaften diskutiert werden. Bei Sanierungen sollten Zemente und Putze als Ersatzmaterial verwendet werden, die den Gesteinen und den an Felsen dieser Gesteine auftretenden Bedingungen nahekommen.

Ein besonderes Problem in der heutigen Zeit ist, dass eine Wiederbesiedlung von Mauern durch Populationen, die an benachbarten Felsen beheimatet sind, kaum noch erfolgen kann. Vielmehr sind es die Mauern, welche die Reliktpopulationen von Felspflanzen und -tieren beherbergen. Brandes et al. (1998) sprechen ganz explizit von der „Gefahr des Erlöschens von Populationen von Felspflanzen“, sollten die Lebensräume für Mauerpflanzen zerstört werden oder durch ungeeignete Instandsetzungen und Restaurierungen verschwinden. Aufgrund ihres Reichtums an Strukturen – und damit auch an Arten – können Sekundärstandorte einen nicht geringen Beitrag zum Erhalt der biologischen Vielfalt auf landschaftlicher Ebene leisten. Sie stellen gewissermaßen als Erhaltungsbiotope störungsarme

und hygrisch wie thermisch besondere Lebensräume bereit, die für viele gefährdete Arten von Bedeutung sind, welche aus der intensiv genutzten und stofflich überfrachteten Landschaft vertrieben bzw. durch Arten verdrängt werden, die unter diesen Bedingungen konkurrenzstärker sind.

Schließlich ist für die ökologische Qualität eines historischen Gebäudes dessen Einbindung in die landschaftliche Matrix, die Vielfalt der Ökosysteme seiner Umgebung, die dortige Bereitstellung natürlicher Felsstandorte und nicht zuletzt die Entfernung zu ähnlichen Bauwerken zu sehen (Abb. 13). In der Regel sind die Habitate für viele an Burgen oder Schlössern nachgewiesene Arten zu klein. Um nicht genetisch zu verarmen, sind sie auf den Austausch mit benachbarten Populationen angewiesen und durch die an diesem Standort zu erwartenden extremen Klimaschwankungen, also durch natürliche Fluktuationen, von Auslöschung bedroht. Es ist vonnöten, darauf zu achten, ob ein Gebäude nach einer naturverträgliche Sanierung oder nach dem Wiederherstellen ökologisch optimierter Bedingungen überhaupt ein biologisches Entwicklungspotenzial besitzt, beziehungsweise, ob dieses in kurzer Zeit realisiert werden kann. Auch die Vielgestaltigkeit der Umwelt ist hier ein wichtiger Faktor, weil an historischen Gebäuden eben Arten mit unterschiedlichsten Feuchtigkeits- und Temperaturansprüchen anzutreffen sind.

Abb. 13: Entscheidend für die Beurteilung der Qualität eines historischen Gebäudes als Lebensraum ist nicht nur das direkte Vorfeld einer Mauer. Auch das landschaftliche Umfeld und das Biodiversitätspotenzial der Umgebung sind zu beachten. Foto: Carl Beierkuhnlein

Kulturlandschaften sind seit Längerem in den Kodex der zu schützenden Landschaften übernommen worden und als schützenswerte Leitbilder des Naturschutzes gemeinhin akzeptiert. Auf historische Gebäude bzw. bauliche Landschaftselemente trifft dies bislang kaum zu. Die dort angesiedelte Flora und Fauna wurde lange nur als störendes Beiwerk wahrgenommen. Die wachsende Bedeutung des Naturschutzes, der drohende Verlust von Biodiversität und die zunehmenden Kenntnisse zur Biogeographie und Ökologie von Arten erklären, dass Pflanzen- und Tiergemeinschaften nun mit anderen Augen gesehen werden und die Vieldimensionalität ihrer Eigenschaften erkannt worden ist. Die Ansicht, menschliche Bauwerke nicht nur als architektonische Monumente zu klassifizieren, sondern auch als schützenswerte Biotope wahrzunehmen (Walter 2003), ist allerdings noch wenig verbreitet. Wir hoffen, dass dieser Band einen Beitrag dazu leistet, die naturschutzfachliche Wertigkeit historischer Gebäude in Zukunft stärker zu beachten.

2.2 Zur Ökologie von Mauerpflanzen

Wie bereits erwähnt, stellen Lebensräume an und in Mauern hohe Ansprüche an die dort vorkommende Flora und Fauna. An derartigen Standorten kommt es häufiger zu Wassermangelsituationen oder zum Auftreten von Austrocknungsereignissen, soweit nicht feuchte Nischen besiedelt wurden. Bedingt durch eine geringe Wasserspeicherkapazität, ist ein Großteil der vorkommenden Pflanzen durch bestimmte Ausprägungen wie z. B. Behaarung, Sukkulenz oder Polsterwuchs an die vorherrschenden Lebensumstände angepasst (Gilbert 1992). Die Austrocknungsresistenz einiger Mauerfarne (*Prothallien* sowie *Sporophyten*) ist nach Kappen (1965, 1966) sehr hoch, was auch für die Anpassung an Wassermangelstandorte gilt. Als Beispiel können hier genannt werden der Mauer-Streifenfarn (*Asplenium ruta-muraria*) und der Gewöhnliche Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*). Erstgenannter übersteht ohne negative Folgen eine Trockenperiode von mehreren Tagen, die Wasseraufnahme durch die Wurzeln ist in dieser Zeit ebenfalls unterbrochen (Brandes 1992). Licht & Bernert (1987) gehen davon aus, dass mauerbewohnende Blütenpflanzen keine erkennbare Anpassung an Trockenereignisse und Wassermangel ausgebildet haben.

Mit zunehmender Feuchte steigt auf Mauern die Zahl an Blütenpflanzen. Zoologische Untersuchungen, die in der Folge des Wallmauerprojekts abliefen, ergaben, dass die Feuchtigkeitsverhältnisse auch den zoologischen Artenreichtum bedingen. Erhöhte Gehalte an löslichen Salzen, die durch Ausspülung bzw. durch Spülwasser aus der Umgebung eingebracht werden, können dagegen die Etablierung neuer und das Wachstum bereits vorhandener Pflanzenarten beeinträchtigen.

Ein weiterer, den Lebensraum beeinflussender Faktor sind starke Temperaturschwankungen im Tages- wie im Jahresverlauf. Insbesondere Pflanzen, die sich nicht wie Tiere zurückziehen können, sind den Temperaturextremen direkt ausgesetzt.

Meist stellen Mauern relativ nährstoffarme Standorte dar. Eine erste ungefähre Abschätzung kann man anhand der Biomasseproduktivität der dort vorkommenden Mauerpflanzen vornehmen, die in Abhängigkeit von den Feuchtigkeitsverhältnissen interpretiert wird. Faktoren wie die Biomasse und die Mauerfeuchte sind abhängig von dem Material des Mauerinneren, dem Anteil an Feinerde in den Fugen, dem Fugenmaterial sowie von der nächsten Umgebung des Mauerwerks. Ob sich Pflanzen und Tiere dann schließlich auf bzw. an Mauern etablieren können, hängt von zahlreichen Faktoren ab. Besondere Bedeutung hat dabei das Mikroklima, das von der Ausrichtung, der Beschattung und der Größe des Bauwerks bestimmt und von dessen Funktion stark beeinflusst wird. So weisen beispielsweise erdangebundene Stützmauern eine hohe relative Feuchte und gute Nährstoffversorgung auf (Guggenheim 1998), während Gebäudemauern in der Regel deutlich trockener sind und freistehend exponierte Mauern über die extremsten Lebensbedingungen für Pflanzen und Tiere verfügen.

2.3 Unterschiede zwischen Sandstein und Kalkstein

Die Art des Natursteins, seine feuchtetechnischen Eigenschaften und sein Mineralangebot spielen für die auf ihm lebenden Pflanzen und Tiergemeinschaften eine wichtige Rolle. Dabei kommt den an vielen Orten vorkommenden Sand- und Kalksteinen eine zentrale Bedeutung zu. Sie gehören zu den Sedimentgesteinen, die unsere einheimischen Landschaften weithin prägen. Ihre chemisch-physikalischen Eigenschaften sind aus der Entstehungsgeschichte zu verstehen, die entweder mit einer chemischen Ausfällung (chemische Sedimente) oder der Ablagerung von mineralischen Partikeln bzw. Organismenresten (klastische Sedimente) beginnt. Die Art der Fällung entscheidet über die Eigenschaften der Gesteine, ihre Substratqualität und letztlich über die Vorliebe von Organismen, Gesteine zu besiedeln. Bei Sandsteinen sind Körner aus Quarz, Feldspäten, Gesteinsbruchstücken oder Schalenreste von Organismen silikatisch, tonig oder kalzitisch verkittet, während Kalksteine fast ausschließlich aus karbonatischen Komponenten bestehen, die durch Kalziumcarbonat verbunden sind ($CaCO_3$).

Für die Entstehung von **Sandstein** sind die Ablagerungsräume der jeweiligen Sande von Bedeutung. Dabei unterscheidet man fluviatile Sedimente (durch fließendes Wasser angeschwemmte oder abgelagerte Sandfächer) von äolischen Sedimenten (durch Windtransport abgetragene

und abgelagerte Sande). Dementsprechend variabel sind auch die Eigenschaften, die von der mineralogischen Zusammensetzung, der Korngröße und Sortierung der Komponenten, der Porosität und der Bindungsart abhängen. Die Unterschiede lassen sich schon optisch beim Vergleich des weißlich-grauen Buntsandsteins der Festung Rosenberg und des gelben Doggersandstein der Giechburg ersehen. Sandstein ist nicht gleich Sandstein.

Kalksteine bilden sich in flachen Lagunen und im untermeerischen Küstenbereich. Die Sedimentation wird von der Wellenintensität und den Strömungsverhältnissen innerhalb der marinen Umgebung kontrolliert. In Lagunen entsteht durch Verdunstung des Meerwassers ein feiner Kalkschlamm, der durch die Überlagerung weiterer Schichten verfestigt wird (Beispiel Solnhofener Plattenkalk). Eine weitere Bildungsmöglichkeit ist die Kompaktion karbonatischer Sande und Gerölle, die aus Bruchstücken ehemaliger Kalksteine, kalkschaliger Organismenreste oder aus Riffschutt abgelagert werden. Sonderformen sind Riff- oder Schwammkalke, die aus den Kalkschalen von Organismen wie Korallen oder Schwämmen aufgebaut sind. Anders als die marinen Kalke sind Süßwasserkalke junge und sekundär entstandene Gesteine. Sie werden „Kalktuff“, Travertin, Kalksinter oder Quellkalk genannt, sind recht porös und von gelblicher bis brauner Farbe. Man findet sie in der Schwäbischen und Fränkischen Alb oder am Alpenrand. Der in unserem Zusammenhang an der Giechburg verbaute Süßwasserkalk gehört zu den „Kalktuffen“, die aus feinkristallinem Karbonat bestehen, das Sand, Steine, Zweige, usw. ummantelt.

Da Silikate, Silt oder Ton im Kalkgestein enthalten sein können, differenziert man nach zunehmendem Fremdstoffgehalt und unterscheidet die wertvollen reinen Kalke von den tonigen Kalken und den Mergelsorten. Das für die Burgen der Frankenalb verwendete Gestein sind reine Kalksteine, die alle dem Malmkalk oder Massenkalk zugerechnet werden (Abb. 14). Malmkalke bestehen – ohne Berücksichtigung der Porosität – zu ca. 25 % aus kalzitischem Bindemittel und 75 % aus kalkigen Komponenten. Die Komponenten nennt man Peloide („schlammartige“ Kalkteilchen), Biogene (Schwämme, Algen, Muscheln, etc.) oder Ooide (kugelige Kalkkörper). (Vgl. Grimm 1990, Koch et al. 1994).

Die Sedimentationsart, die unterschiedliche Bindung der Gesteine und der Werdegang im Lauf der Zeit (Diagenese) verleihen dem Sedimentgestein sein typisches Erscheinungsbild. Für Kalke sind insbesondere diagenetische Prozesse von Bedeutung. Eine häufig vorkommende Veränderung mit Folgen für die Gesteinseigenschaften ist die „Dolomitisierung“ bereits gebildeter Kalke. Dabei wird Kalziumcarbonat sukzessive in Kalzium-Magnesiumcarbonat überführt. Das Mineral heißt Dolomit ($CaMg[CO_3]_2$) und ist etwas härter und chemisch widerstandsfähiger als Calcit, was

erhebliche Auswirkungen auf die Witterungsbeständigkeit und die biogene Zersetzung hat.

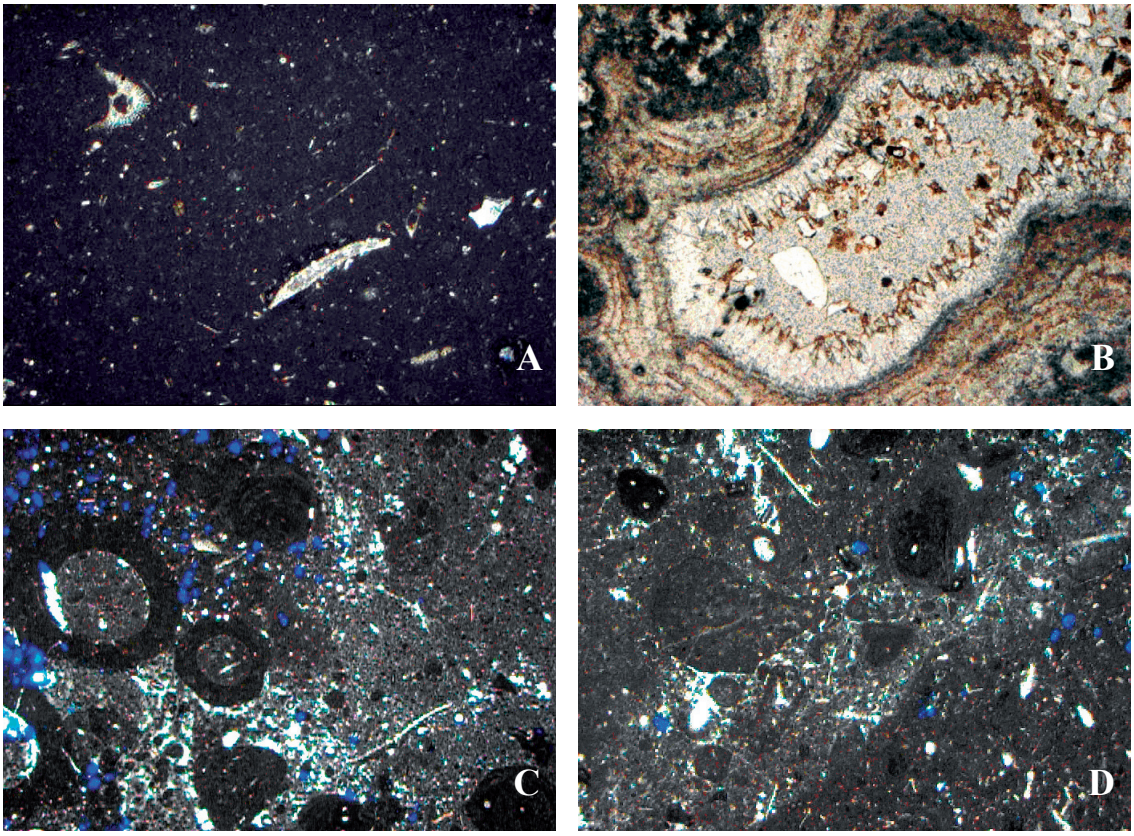

Abb. 14: Unterschiedliche Fazies des verbauten Kalkgesteins (Dünnschliffpräparate). Fotos: Roman Koch
A) Giechburg: Dichte, mikritische Matrix des Kalksteins mit Bruchstücken von Echinodermen und dünnen Muschelschalen
B) Giechburg: Porige Matrix des Kalktuffs mit großen Wachstumshohlräumen, die von Kalzitkristallen ausgekleidet sind
C) Waischenfeld: Feinkörnige Matrix des Kalksteins mit fossilen Kleinlebewesen und herausgelösten Dolomitkristallen (blau)
D) Rabenstein: Feinkörnige Matrix des Kalksteins mit fossilen Kleinlebewesen und herausgelösten Dolomitkristallen (blau)

Während man Sandsteine optisch und mikroskopisch nach Komponenten, Bindung, Farbe oder Sedimentationszeiträumen differenziert („Quarz-, Ton-, oder Kalksandstein“, „Roter Buntsandstein“), ist man bei Kalksteinen auf die Faziesanalyse angewiesen. Unter „Fazies“ versteht man die Summe der anorganischen und organischen Merkmale von Kalksedimenten, die ihre Entstehungsbedingungen widerspiegeln. Dabei geht man von einer groben Klassifizierung aus und unterscheidet zwischen „Mudstones“ und „Boundstones“. Bei Mudstones lagern Organismenreste und Kalksteinbruchstücke in einer Matrix aus feinstem Kalziumcarbonat, Mikrit genannt. Bei Boundstones stützen Organismenreste, Kalksteinbruchstücke

und andere Bestandteile das Gefüge, während Mikrit nur die Zwischenräume ausfüllt (Dunham 1962; vgl. Koch, in: Dallmeier et al. 2003). Abhängig von der Fazies besitzen Kalksteine ein unterschiedliches Verhalten gegenüber dem Angriff durch Atmosphärilien. Dies kann man an der Verwitterungsgeschwindigkeit und den Verwitterungsformen festmachen, die von „Abmehlen" bis zum „Ausbrechen" von Komponenten reichen. So gibt es ausgesprochen witterungsstabile und extrem unbeständige Kalksteintypen. Kalkstein ist eben auch nicht gleich Kalkstein.

Die im Zusammenhang mit dem biogenen Angriff auf Sedimentgesteine wichtigen Parameter sind die Wasseraufnahme-, das Wasserrückhaltevermögen und die Transporteigenschaften, denn die kapillare Wasseraufnahme, das Speichervermögen des Gesteins und seine Wasserdurchlässigkeit (Permeabilität) regulieren das Feuchtigkeitsangebot. Der Wasserhaushalt wird von der Porosität, der Porenradienverteilung und der Verknüpfung der Poren bestimmt. Dass Wasser im Gestein über längere Wegstrecken geleitet wird, verdankt es der Effektivität des Porensystems. In Kalken treten aber relativ viele Totporen auf, die von Flüssigkeiten nicht erreicht werden. Im Gegensatz hierzu stehen die Nutzporen, die typisch für Sandsteine sind. So kann zwar die Porosität eines Kalksteins sagenhafte 70 % betragen: aufgrund der Totporen besteht aber meist kein Zusammenhang zur Permeabilität, die extrem gering sein kann. Dies unterscheidet Kalksteine grundsätzlich von Sandsteinen, welche zwar eine maximale Porosität von „nur" 42 % haben, aber über eine weitaus höhere Permeabilität verfügen.

Zur Erläuterung soll der Buntsandstein der Festung Rosenberg mit dem Kalkstein der untersuchten Burgen verglichen werden: Das Kronacher Gestein ist ein Konglomerat aus Quarz, Feldspat, Gesteinsbruchstücken, Tonmineralen und anderen Komponenten, während der an den Burgen der Fränkischen Schweiz verwendete Kalkstein ein reiner Kalk aus Mikrit mit Riffbruchstücken und Fossilresten ist. Die Porosität des Sandsteins beträgt 16 bis 25 Volumen-%, die des Malmkalks nur knapp 6 Volumen-%. Beim Sandstein resultiert aus der Porosität eine Wasseraufnahme von ca. 12 Gewichts-%, während der Kalkstein kapillar gerade einmal 1 Gewichts-% an Wasser aufnimmt. Das heißt, dass der Kalkstein keine nennenswerten Wassermengen transportiert und der Wassertransport einzig über das Fugennetz und den Fugenmörtel des Mauerwerks stattfinden kann. Der Sandstein hingegen kann nicht nur Wasser kapillar transportieren, sondern auch ein höchst effizientes Feuchtereservoir sein. Da Wasser die treibende Kraft des biogenen Aufwuchses und des Witterungsverhaltens ist, bestehen gravierende Unterschiede zwischen Sandstein- und Kalksteinmauern. Dies spiegelt sich unmittelbar im Bewuchs, in den Bewuchsformen und in den Verwitterungsphänomenen wider.

2.4 Der Einfluss des Gesteins auf die Flora

Wie im Wallmauerprojekt gezeigt, finden sich kalkliebende Pflanzenarten wie das Moos *Homalothecium sericeum,* die Flechte *Lecanora campestris* oder das Platthalm-Rispengras (*Poa compressa*) nicht nur auf Kalkstein, sondern auch auf dem silikatisch-tonigen Sandstein der Festung Rosenberg. Der offensichtliche Befund geht, wie erläutert, auf die sekundäre Lösung von Kalk aus dem Baukörper zurück. Es hat sich gezeigt, dass karbonatisches Bindemittel aus den Hinterfüllmörteln durch kohlensäurehaltige Oberflächenwässer gelöst wird und über das Fugennetz und durch kapillaren Wassertransport an die Gesteinsoberfläche des Sandsteins gelangt und dort für einen basischen pH und die Einlagerung von Kalziumsalzen sorgt (Drewello & Schmiedinger 2008). Die Wassertransporteigenschaften und das Nährstoffangebot haben in der Folge die Besiedelung gesteuert. Beim Kronacher Sandstein und dem Doggersandstein kommt die für tonhaltige Gesteine charakteristische Eigenschaft hinzu, Wasser in Tonlagen chemisch binden und physikalisch adsorbieren zu können (Landolt 1996). Die Fähigkeit, größere Wassermengen leiten und speichern zu können, machen den Unterschied zwischen den exponierten Sand- und Kalksteinen. Aus diesem Grund sind Pflanzen, die empfindlich auf Wassermangel reagieren, an den untersuchten Burgen stärker an Sandstein- als an Kalksteinmauern verbreitet, wie sich beispielsweise für das Mauer-Zimbelkraut (*Cymbalaria muralis*) oder das Echte Seidenmoos (*Homalothecium sericeum*) zeigen lässt.

Demgegenüber können trockenheitstolerante Arten wie das Platthalm-Rispengras (*Poa compressa*) oder die Mauerraute (*Asplenium ruta-muraria*) auch Kalkstein besiedeln. Besonders erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass das Echte Seidenmoos als Kalkzeiger einzustufen ist. Die im Rahmen der Forschungsvorhaben beobachtete Erscheinung, dass sich die Standortunterschiede zwischen Kalk- und Sandstein am Mauerwerk aufheben und sich Mauern grundsätzlich von natürlichen Felsaufschlüssen unterscheiden können, wird erklärbar, wenn man wässrige Extrakte des Kalk- und Sandsteinmauerwerks untersucht: Unabhängig von der Gesteinsart ist aufgrund der chemischen Lösungs- und Transportvorgänge ein ähnlich hohes pH-Niveau auf beiden Gesteinen festzustellen, obwohl der Kronacher Sandstein an sich kaum Kalzium und kein Karbonat enthält. Das sauer gelöste Kalzium und das Karbonat bzw. Hydrogenkarbonat aus der Subkonstruktion stehen dem Pflanzenstoffwechsel als essenzielles Kation und pH-regulierendes Anion zur Verfügung und fördern die Besiedelung. Ohne mikrobielle oder biogene Beteiligung würde die kalkhaltige Lösung als Kalksinter auf der Gesteinsoberfläche ausgefällt werden, was sich in den Innenräumen der Befestigungsanlage und in den gemauerten Durchgängen beobachten lässt.

3 Gefährdete Arten und ihr Lebensraum am Standort Denkmal

Stefan Beyer, Andreas Schmiedinger, Christian Strätz, Theo Blick, Alexander Kroupa, Alexander Ulmer, Matthias Hammer, Andreas Zahn, Eduard Hertel, Dietrich Förster

3.1 Wechselwirkungen zwischen Tier- und Pflanzenarten und ihrem Umfeld

Steinmauern sind für viele Tier- und Pflanzenarten ein gleichermaßen attraktiver Lebensraum. Zusammen mit dem Umfeld sind sie schützenswerte Rückzugsräume oder Refugien, in denen sich eine erstaunliche Artenvielfalt entwickeln kann (Abb. 15). Die Wechselwirkung zwischen dem Untergrund und einer Besiedelung veranschaulicht das Beispiel der Töpferwespe (*Eumenes pomiformis*) aus der Ordnung der Hautflügler, die kleine Löcher und Fehlstellen im Kalkstein nutzt, um dort ihr Nest aus Lehm zu bauen (Abb. 16). Das Wachstum von Gefäßpflanzen aller Art im Fugennetz nicht verfugter Kalk- oder Sandsteinmauern bietet den Wirbeltieren oder den Wirbellosen Schutz und Nahrung und spendet Moosen den zum Überleben wichtigen Schatten. Selbst Reptilien wie der Schlingnatter (*Coronella austriaca*) wird durch den Bewuchs das Überleben am Extremenstandort Mauer ermöglicht, weil Pflanzen und Moose dem Tier ausreichend Halt und Schutz gewähren und die senkrechten Mauern zu einem geeigneten Jagdrevier machen.

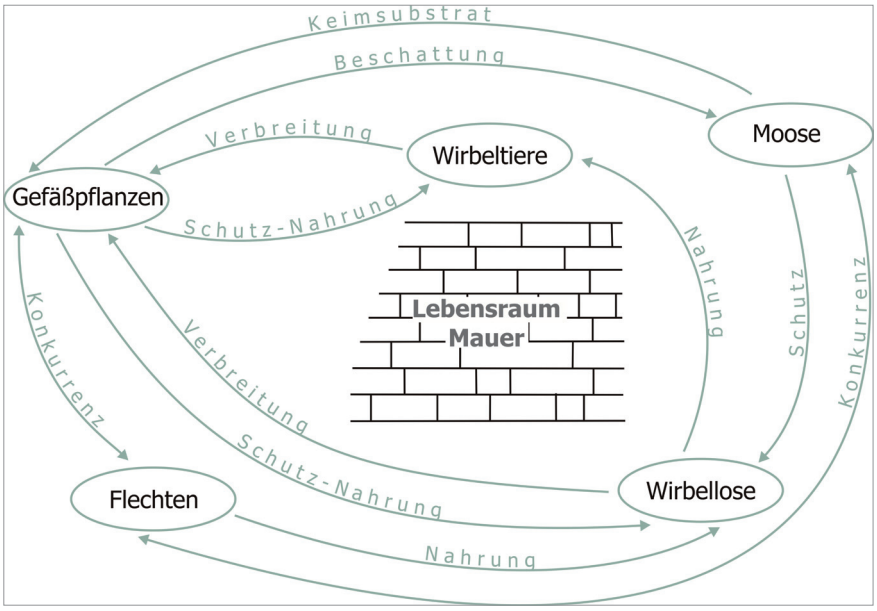

Abb. 15: Die Mauer als Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Gezeigt sind die Wechselwirkungen von Flora und Fauna mit dem Steinsubstrat. Grafik: Andreas Schmiedinger

Abb. 16: Töpferwespe (*Eumenes pomiformis*) beim Nestbau an einer Mauerfläche. Foto: Andreas Schmiedinger

Dass der in Kapitel 2 geschilderte Vorteil strukturreicher Gesteinsuntergründe durch das Einwachsen von Pflanzen noch vergrößert wird, zeigt unter anderem das Beispiel des weit verbreiteten Efeus (*Hedera helix*), auf dessen prinzipielle Vorteile für das Gestein im Untergrund und die Entwicklung der Fauna in Kapitel 6.2 näher eingegangen wird. Die ökologische Bedeutung des Lianengewächses besteht u. a. im Nahrungsangebot für viele Vögel in der Winterperiode. Gleichzeitig tragen die Nahrungsaufnahme und der Stoffwechsel der Tiere zur Verbreitung der Pflanze bei, wodurch sich der ökologische Kreislauf wieder schließt.

Flechten, Algen und Moose sind ebenso wichtige Komponenten im ökologischen Wirkungsgeflecht. Sie dienen vielen Tieren wie den Schnecken als Nahrungsquelle und Unterschlupf (Abb. 17). Eine das Gestein schützende Wirkung ist z. B. Krustenflechten der Gattung *Verrucaria* zuzuschreiben, die durch ihren Bewuchs Sandsteinoberflächen „korsettartig" stabilisieren und die natürlichen Abtragraten durch Wind und Wetter minimieren. Selbst Moose schützen Gesteine, weil sie mit ihren aufwachsenden Polstern, einem schützenden Mantel gleich, klima- und witterungsbedingte Extreme abpuffern und ein unersetzliches Habitat für Kleinlebewesen sind. Ohne das Wachstum von Moosen hätten auch Blütenpflanzen einen schweren Stand, da sie an den glatten Maueroberflächen keinen ausreichenden Halt und unter Umständen kein ausreichendes Keimsubstrat finden würden, das zum Überleben benötigt wird (Abb. 18).

Abb. 17: Der Steinpicker (*Helicigona lapicida*) „weidet“ die Maueroberfläche ab. Fotos: Dietrich Förster

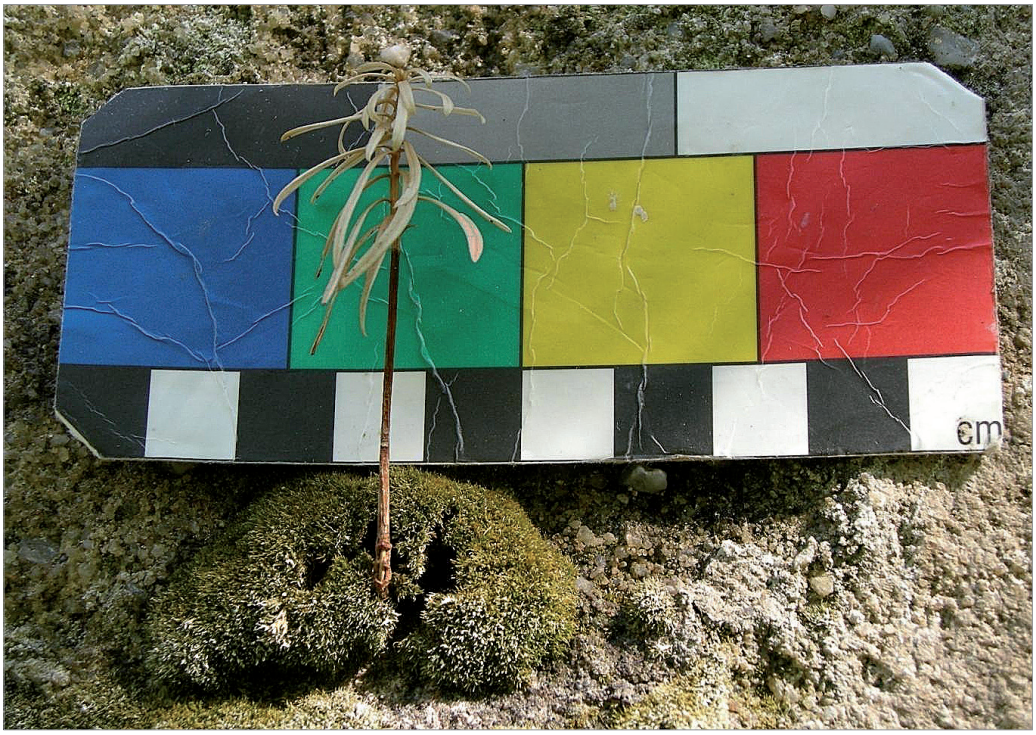

Abb. 18: Eine junge Eibe (*Taxus baccata*) wächst in einem Moospolster an der Mauerfläche. Foto: Andreas Schmiedinger

Das wechselseitige Beziehungsgeflecht erfordert es, nicht nur geschützte oder seltene Pflanzen als Solitäre zu erhalten, sondern die Entwicklung einer möglichst arten- und strukturreichen Vegetation zu unterstützen. Naturbelassene und nur teilverfugte Mauern wären hierfür die beste Voraussetzung (Abb. 19).

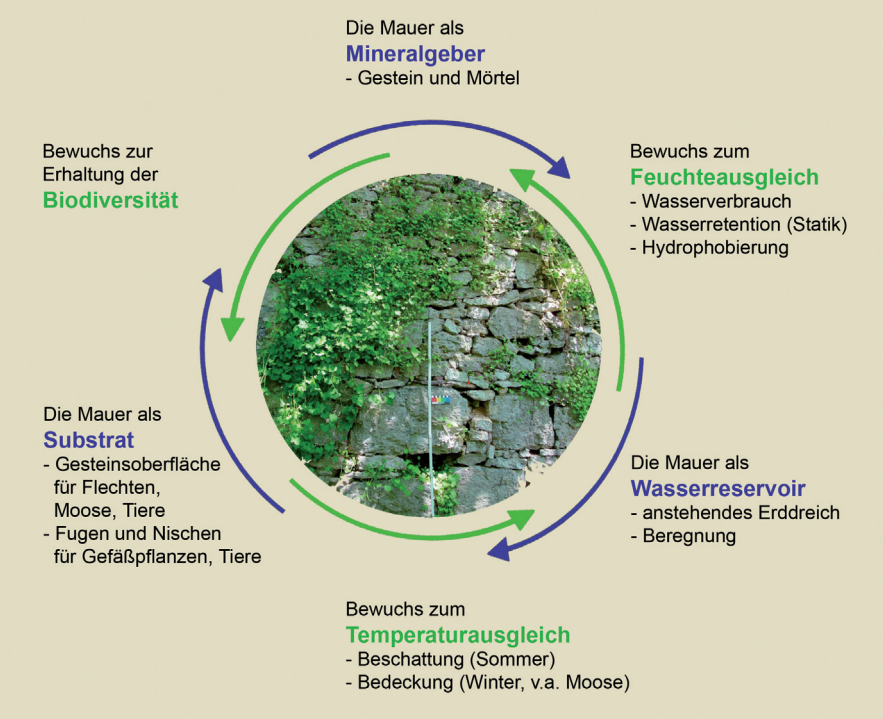

Abb. 19: Win-Win-Situation für die Erhaltung der Artenvielfalt und des Mauerwerks. Grafik: Ursula Drewello

3.2 Gefährdete Arten der Roten Liste

Aus Sicht des Naturschutzes ist die Erhaltung von Arten der Roten Listen, deren Bestand in besonderem Maße gefährdet ist, von speziellem Interesse. Im Rahmen des Wallmauer- und Burgenprojekts wurde das Vorkommen von 96 dieser Arten nachgewiesen. Ein großer Anteil entfällt dabei auf Hautflügler mit Ameisen und Wildbienen (Abb. 20).

Pflanzen: Pflanzenarten der Roten Liste waren nur sehr wenige zu verzeichnen. Zu nennen ist die Eibe (*Taxus baccata*), der in der Roten Liste der Pflanzen Deutschlands die Stufe 3 zuerkannt wird. Ihr Vorkommen ist für die Burg Rabenstein nachgewiesen, in deren unmittelbarer Umgebung Alt-Eiben zu finden sind. Die Diasporen werden durch Vögel verteilt, die sich vom roten fleischigen Arillus anlocken lassen. Für die Verbreitung von Jungpflanzen im Mauerwerk kommt laut Schmidt (1996) der Kleiber

infrage, der die Samen des Baumes gezielt aus dem Samenmantel herausnimmt und in Mauerritzen versteckt oder aufmeißelt.

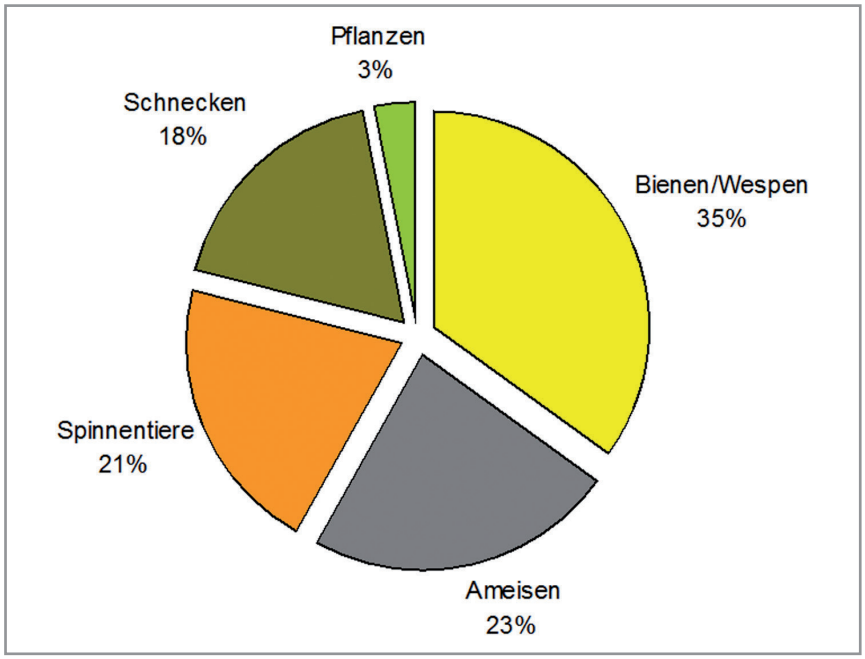

Abb. 20: Gefährdete Arten an den untersuchten Mauerbereichen. Grafik: Stefan Beyer

Für die Rote Liste Oberfrankens ist das Mauerzimbelkraut mit Stufe 3 als gefährdet zu nennen (Abb. 21). *Cymbalaria muralis* wächst in ihrem natürlichen Areal an feuchten und nicht zu stark besonnten Kalkfelsen (Junghans 2004). Sie wird von Rothmaler (2005) als Neophyt eingestuft. Ihr ursprüngliches Verbreitungsgebiet im Gebirge Norditaliens und der nördlichen Adria (Hegi 1975) konnte diese Pflanze durch menschliches Zutun stark erweitern. Als Agriophyt ist die Pflanze in Mitteleuropa vor allem an Mauern anzutreffen, da dort ähnliche ökologische Bedingungen vorherrschen wie an den natürlichen Wuchsorten (Junghans 2004). Bemerkenswert ist ihre Fähigkeit zu negativem Phototropismus: Die befruchteten Blüten wachsen im Zuge der Samenreife weg vom Licht und in die Mauerspalten hinein. Bei den Moosen steht *Encalypta streptocarpa* auf der Vorwarnliste. Dieses außerhalb der Kalkgebiete seltene Moos (Frahm & Frey 1992) wurde nur an der Burg Rabenstein gefunden.

Schlangen: Die in Bayern als gefährdet und in Deutschland als stark gefährdet eingestufte Schlingnatter kommt an warmen, sonnenexponierten Mauern der Festung Rosenberg vor und nutzt Mauernischen und Ritzen als Versteck- und Schlafplatz. Den Winter verbringen die Tiere in Steinhaufen,

Trockenmauern oder unter Baumstümpfen. Auch Wiesen und ungestörte Ruderalstandorte, wie sie gerade in der Umgebung von Burgen zu finden sind, dienen als Jagdrevier. Durchschnittlich beansprucht eine Schlingnatter ca. vier Hektar als Lebensraum.

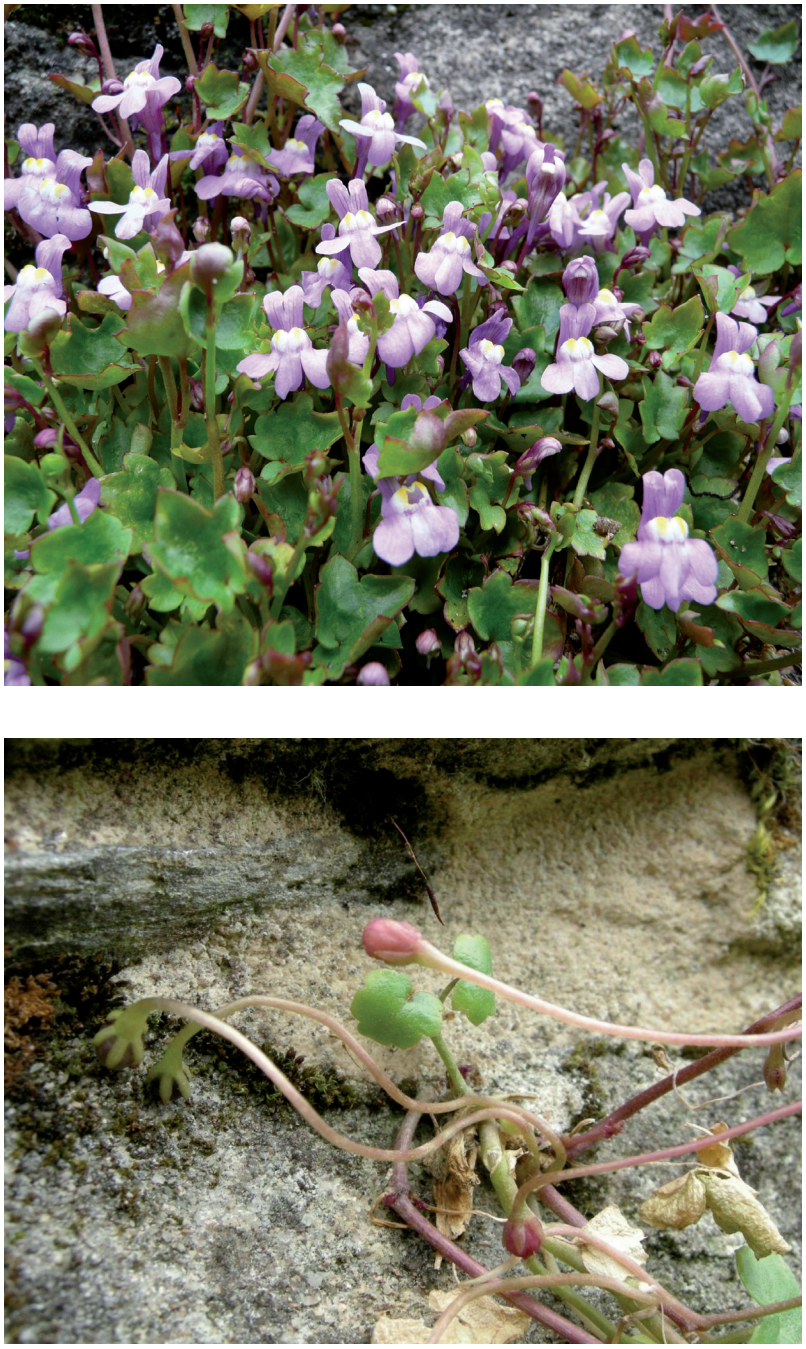

Abb. 21: Das Mauerzimbelkraut weist die bemerkenswerte Erscheinung des negativen Phototropismus auf (siehe Glossar). Dabei werden die Samen vom Licht weg in Spalten abgelagert, wo diese anschließend keimen können.
Fotos: Andreas Schmiedinger

Vögel: Mehrere Brutpaare der Dohle (*Corvus monedula*), einer Vogelart, die in Bayern gefährdet einzustufen ist, nisten in Höhlen und überdachten Nischen der Festung Rosenberg. Nach Saar et al. (1985, zit. in Eicke 1988) suchen etwa 20 verschiedene Vogelarten gelegentlich oder auch regelmäßig Mauern als Brutplatz auf.

Fledermäuse: Bei der Erfassung nahmen Fledermäuse einen besonderen Raum ein. Sie nutzen Spalten und Hohlräume als Sommer- und Winterquartier. Von besonderer Bedeutung sind frostgeschützte Wehrgänge, Kasematte und Keller als Möglichkeit zu überwintern. So wurden in der Eichstätter Willibaldsburg 12 Fledermausarten als Wintergäste nachgewiesen. Dazu gehörten u. a. die Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*), die Große Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*), das Braune Langohr (*Plecotus auritus*), das Graue Langohr (*Plecotus austriacus*), die Mopsfledermaus (B*arbastella barbastellus*), das Große Mausohr (*Myotis myotis*), die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), die Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*), die Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*), die Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), die Nordfledermaus (E*ptesicus nilssonii*) und die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). In der Kulmbacher Plassenburg sind mindestens elf Arten, in der Festung Rosenberg in Kronach neun und in der Veste Coburg mindestens sieben Arten belegt, die unter die Rubrik „streng geschützt“ fallen. Dasselbe gilt für die Basilika in Weingarten mit neun geschützten Arten (vgl. Jakobs 2008, S. 73ff.).

Zur Überwinterung wählen Fledermäuse je nach Art unterschiedliche Hangplätze. Nur die (nahezu ausgestorbenen) Hufeisennasen hängen immer frei im Quartier. Alle anderen Tiere verbergen sich in nicht einsehbaren Verstecken, insbesondere in Kellern und Gewölben. Gerade Spalten und Klüfte alter Mauern sind sehr attraktiv. Man muss davon ausgehen, dass nur ein Bruchteil der in einem Gebäude überwinternden Tiere tatsächlich zu sehen ist. Die Dunkelziffer ist von der Art des Mauerwerks und der Klüftigkeit abhängig.

Einige Fledermausarten, wie z. B. die Kleine Hufeisennase, sind auch den ganzen Sommer über in solchen Räumen zu finden (Kayikcioglu & Zahn 2004). Untertagequartiere werden besonders bei kühler Witterung und in Jagdpausen während der Nacht aufgesucht. Im Falle der Wasserfledermaus können im Frühjahr und Sommer auch größere Männchengruppen unterirdische Quartiere besiedeln (Zahn & Hager 2005). Auch einzelne Mausohre und Mopsfledermäuse, meistens Männchen, übertagen im Sommer in Gewölben.

Die meisten Fledermäuse sind nach der Jungenaufzucht im Spätsommer und Herbst gehäuft an unterirdischen Quartieren zu finden. Im Umfeld historischer Bauten und natürlicher Quartiere wie Höhlen und Felsstrukturen fliegen sie schon im August und September umher (Meschede & Rudolph 2004). Die Tiere rufen teilweise auffällig und verfolgen sich gegenseitig. Neben Jungtieren beteiligen sich auch erwachsene Individuen am „Schwärmen", das aber nicht bei jeder Art dieselbe Funktion erfüllt (Kallasch & Lehnert 1995, Holzhaider 1998, Kiefer et al. 1994). Winterquartiere können auch Rendezvousplätze sein, denn durch das Treffen an landschaftlich auffälligen Plätzen steigt die Wahrscheinlichkeit, Geschlechtspartner zu finden. Die vielleicht wichtigere Aufgabe dürfte die Informationsübertragung auf die Jungtiere sein, die auf diese Weise potenzielle Winterquartiere oder Orientierungsmarken im Streifgebiet zwischen Sommer- und Winterquartier kennenlernen (Helversen 1989).

Die meisten Beobachtungen zu Fledermäusen wurden in Zusammenhang mit unterirdischen oder frostgeschützten Quartieren und den Innenräumen von Burganlagen gemacht. Es ist jedoch belegt, dass Fledermäuse auch Spalten an der Außenseite von Natursteinmauern nutzen. Vom Frühjahr bis zum Herbst bieten die von außen zugänglichen Hohlräume potenzielle Quartiere für etliche Arten. Nachgewiesen ist dies in Bayern z. B. für die Fransenfledermaus, die beschädigte Hohlblockziegel für die Aufzucht ihrer Jungen nutzt, die Zwergfledermaus, die Zweifarbfledermaus und das Graue Langohr. Für Natursteinmauern liegen wegen methodischer Schwierigkeiten keine systematischen Erhebungen vor, doch bilden Lücken und Spalten in sonnenwarmen Außenmauern geeignete Quartiere für mehrere Arten. Und tiefe Klüfte im Mauerwerk können sogar als Winterquartier für kälteharte Arten wie die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*) oder den Großen Abendsegler (*Nyctalus noctula)* dienen, der u. a. Spalten in Felswänden besiedelt.

Bienen/Wespen: Innerhalb des Projektes war die Ordnung der Hautflügler die artenreichste Gruppe. Wie bereits erwähnt, ist für Bienen und Wespen das Vorhandensein geeigneter Fugen der ausschlaggebende Faktor. Um auch kleineren Arten einen geeigneten Lebensraum zu bieten, ist ein Wechsel verschiedener Stadien der Verfugung besonders wichtig. Gut geeignete Mauern offerieren neben Nistmöglichkeiten auch genügend Nahrung, die den hohen Energiebedarf der Tiere deckt. Dazu müssten Ruderalflächen oder Mähwiesen mit großem Blütenangebot zumindest in der näheren Umgebung vorhanden sein. Auch Blütenpflanzen, die an der Wand wachsen, sind eine geeignete Nahrungsquelle, was prinzipiell auch

für Brombeeren gilt, die ein zusätzlicher Lebensraum für stängelnistende Arten sind. Da die meisten Bienenarten wärmeliebendend sind, werden besonnte und nicht beschattete Areale bevorzugt. Aus diesem Grund ist die Abwesenheit schattenwerfender Bäume oder Sträucher von Vorteil für die Besiedelung.

Einige Bienen sind auf Pflanzen aus bestimmten Familien angewiesen. So sind beispielsweise die Bienen *Osmia leaiana*, *Osmia niveata* oder auch *Hoplitis villosa* auf die Familien der Korbblütler spezialisiert, während *Andrena curvungula* und *Lasioglossum costulatum* Pflanzen aus der Familie der Glockenblumen bevorzugen. Dabei ist *Hoplitis villosa* eine Art mit landesweiter Bedeutung, die in Steinritzen und -höhlungen nistet, die sie mit Mörtel verschließt.

Als bemerkenswerter Fund ist *Spilomena punctatissima* zunennen (Kroupa 2006). Diese wärmeliebende Art ist eine der kleinsten Grabwespen Mitteleuropas und war bisher nur aus Baden-Württemberg und Thüringen (Burger 2005) gemeldet.

Ameisen: Auch Ameisen nutzen Mauerbereiche gerne als Lebensraum, nur wenige der nachgewiesenen Arten nisten jedoch an bzw. in der Mauer. Die meisten legen ihre Nester am Boden oder an Holzpflanzen unter der Rinde bzw. an Totholz an und benötigen die Mauerflächen in erster Linie zum Nahrungserwerb. Beispiele sind die in Deutschland und Bayern als stark gefährdet eingestufte Ameisenart *Doliochedrus quadripunctatus*, die trockene, warme Habitate bevorzugt und hauptsächlich als Aufheizplatz nutzt, oder auch *Temnothorax saxonicus*, für die an der Burg Rabenstein erst der vierte Nachweis ihres Vorkommens in Bayern gelang. Sie ist ein primärer Mauerbesiedler auf südlich exponierten Bereichen. An warmen Standorten trifft man auch auf *Lasius meridionalis*. Sie nistet ebenfalls am Boden und findet ihre Nahrung an den daran anschließenden Mauern. Dasselbe gilt für *Leptothorax gredleri*, deren Nester man ab und zu auch in Borken bis zu zwei Meter über dem Boden antrifft. Dagegen kommt *Myrmica schencki* als Art überwiegend an trockenen und warmen Standorten auch an senkrechten Mauern vor. Sie nistet unter Steinen, Wurzeln oder Grasbüscheln. Ähnlich verhält sich auch *Ponera coarctata*, deren Kolonien in der Regel nicht mehr als 50 Individuen umfasst und die ausschließlich Trockenstandorte besiedelt.

Schnecken: Burg- und Ruinenstandorte weisen gegenüber anderen Lebensraumtypen in der Regel sehr arten- und individuenreiche Gemeinschaften von Landschnecken auf. Ihre besondere Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz lässt sich auf den typischen Charakter von Burgbergen zurückführen, die in der Regel von Gehölzen bewachsen sind und regelmäßige Elemente der ursprünglichen Waldfauna beherbergen. Andererseits verfügen historische Anlagen über ökologisch wertvolle Kleinstrukturen (Bössneck 1995, Strätz 2005). So nutzen Schnecken offene Fugen und Spalten an Mauern als Tagesverstecke, während Algenüberzüge und Flechtenlager als Nahrung dienen. Die Oberfläche der Mauersteine und die zeitweise stärker austrocknenden Mauerfugen werden von vielen Arten nur bei Regen kurzfristig aufgesucht. Zum Schutz vor Austrocknung sind durch Hochstauden, Altgrasvegetation oder auch Gesteinsschutt bedeckte Mauerfußbereiche bzw. beschattete, teils bewachsene Mauerbereiche von großer Wichtigkeit, insbesondere in wärmeexponierter Südlage. Im Wald lebende Arten wären ansonsten an Burganlagen nicht lebensfähig. Sträucher oder Büsche in direkter Nähe dienen vielen auf Felsen lebenden Arten zur Überwinterung. Besonders förderlich für den Artenreichtum ist ein Wechsel von offenen und beschatteten Flächen. Finden sich im Bereich einer Burganlage Trocken-, Halbtrocken- oder Magerrasen und Felshabitate, können sich typische Arten auch an Sekundärstandorten wie Burgmauern ansiedeln. Mauerfußbereiche mit gut entwickelter Moos- und Grasschicht sind der Lebensraum von zahlreichen Kleinschnecken (Abb. 22), während exponierte Mauerkronen teils von Arten besiedelt werden, deren natürliche Vorkommen auf Felsstandorten zu finden sind. Die meisten Arten trifft man jedoch an Stellen, an denen das Mauerwerk korrodiert ist oder Laub und Pioniervegetation eine Rohbodenbildung ermöglicht haben.

Das Ausgangsgestein selbst ist für das Vorkommen von Schnecken nur von geringer Bedeutung. Unterschiede im Artenspektrum werden eher durch das im Naturraum typische Arteninventar verursacht. Ursprünglich vorhandene Unterschiede des Baumaterials werden beseitigt, weil in der Regel Kalkmörtel das Milieu nivellierte. Geeignete Verstecke, wie Risse und Spalten sind deshalb karbonathaltig und haben einen basischen pH. Selbst Risse im Sandstein, die nicht mit Mörtel verschlossen sind, bieten für Landschnecken im Lauf der Zeit günstigere Bedingungen als das Ausgangsgestein: Dort sammeln sich Leergehäuse, die entweder durch Witterungseinflüsse zersetzt oder direkt als wichtige Kalkquelle von Schnecken der nächsten Generationen verwertet werden.

Von besonderem Interesse ist der Nachweis der Zweizähnigen Schließmundschnecke (*Clausilia bidentata*). Die Population an der Festung Rosenberg gehört zu den an Individuen reichsten Vorkommen

in Oberfranken. Als typische Waldschneckenart, deren ursprünglicher Siedlungsraum durch sauren Regen zerstört wurde, findet sie sich heute bevorzugt an historischem Mauerwerk. Ganz ähnlich verhält es sich mit der Zahnlosen Schließmundschnecke (*Balea perversa*), die, als Waldbewohner, in Nordbayern fast nur noch im Bereich intakter Felsenbiotope und speziell an Ruinen und Burgmauern nachgewiesen werden kann. Sie zählt zu den durch Freistellung und überzogene Instandhaltungsmaßnahmen stark gefährdeten Arten. Die Wärmeliebende Glanzschnecke (*Aegopinella minor*) wurde bisher nur selten östlich der Fränkischen Linie nachgewiesen, dann jedoch meist an Ruinenstandorten. Sie bevorzugt Kalkgebiete und ist sowohl im Muschelkalk, als auch im Jura weit verbreitet. Ihr eigentlicher Lebensraum sind lichte Wälder und Feldgehölze, aber auch Felshänge und leicht versaumte Magerrasen. An Mauern kommt sie in geschützten Mauerfußbereichen vor.

Abb. 22: Durch Vegetation geschützte Mauerbereiche werden von vielen Schneckenarten besiedelt. Flächig aufgebrachter Fugenmörtel, wie im Bildvordergrund zu sehen, verhindert jedoch jegliche Besiedelung. Foto: Christian Strätz

Bundesweit ist die Glatte Glanzschnecke (*Morlina glabra*) hauptsächlich im Gebiet der Fränkischen Schweiz verbreitet. Funde an der Burg Lauenstein (Strätz 2007) belegen die einzige bekannte Stelle in Bayern außerhalb des Naturraumes Nördliche Frankenalb, was die Bedeutung von Burganlagen für die Erhaltung von Reliktpopulationen unterstreicht. Die Tiere verbringen Trocken- und Frostzeiten im Schutt des Mauerfußes oder in Klüften und Felsspalten. Bei Regen werden die Mauern beweidet. Die Art lebt jedoch auch räuberisch von Regenwürmern oder andern Gehäuseschnecken.

Der große Kiel- oder auch Bauernschnegel (*Tandonia rustica*) ist im Bereich von Felsfüßen und Kalkschutthalden in der Frankenalb weitverbreitet. Er ist meist in Lichtwäldern und wärmebegünstigten Block- und Hangschuttwäldern anzutreffen. Bei tiefgründig entwickelten, an Hohlräumen reichen Blockhalden, in denen sich die Tiere bei Trockenheit zurückziehen können, werden auch waldfreie Standorte besiedelt.

Spinnen: Spinnen kommen in allen terrestrischen Lebensräumen in großer Arten- und Individuenzahl vor. Bundesweit sind derzeit 1004 und aus Bayern 842 Arten nachgewiesen. Mit 205 Spinnenarten (davon 36 ausschließlich mit Bodenfallen erfasst) ist die Artenvielfalt an den untersuchten Mauern ausgesprochen hoch. Darunter finden sich 18 Arten der Roten Listen Bayerns bzw. Deutschlands.

Der Großteil der nachgewiesenen Spinnenarten – boden- bzw. strauch- und baumschichtlebende Arten – lebt nicht ausschließlich an Steinmauern. Dies trifft auch für die übrigen Artentypen zu. Mauern bieten ihnen jedoch vorzügliche Lebensräume, wobei nicht verfugte, strukturreiche Abschnitte von deutlich mehr Spinnen besiedelt werden als verfugte und strukturarme (Abb. 23). Insbesondere für netzbauende Spinnen ist Strukturreichtum im Vergleich zur Exposition ausschlaggebend. Für diese Tiere ist das Substrat wichtiger als die Mauerfeuchte, während feuchte Fugen einer am Erdreich anstehenden Mauer ansonsten für die am Boden lebenden Waldarten ein optimaler Sekundärlebensraum sind. Zu starke Beschattung sowie zu dichter Bewuchs am Mauerfuß wirkt sich eher negativ auf die Artenvielfalt mauertypischer Spinnentiere aus.

Unter den gefährdeten Arten ist insbesondere auf die an der Mauerkrone der Burg Rabenstein nachgewiesene Spinnenart *Echemus angustifrons* hinzuweisen. Von dieser bundesweit „vom Aussterben bedrohten“ Art gab es bis vor wenigen Jahren für Nordbayern nur einen Nachweis, der den Raum Nürnberg betraf und in das 19. Jahrhundert datiert (Grimm 1985). Ebenfalls auf der Burg Rabenstein wurde eine in Bayern stark gefährdete Art gefunden: *Trichoncyboides simoni*. Von ihr sind weltweit nur wenige

Exemplare bekannt. Eine weitere ist *Robertus kuehnae,* die erst vor gut einem Jahrzehnt beschrieben wurde (Bauchhenss & Uhlenhaut 1993) und nur aus Deutschland, Belgien, Österreich und der Schweiz bekannt ist (Blick et al. 1998). Sie ist ein Bewohner von Mikrohöhlen, zu denen Bodenspalten oder Kleinsäugerhöhlen gehören.

Auch der eigentliche Rindenbewohner *Kratochviliella bicapitata* wurde auf der Burg Rabenstein zum ersten Mal für Franken nachgewiesen, und zwar größtenteils erst nach Freistellung des Mauerabschnittes. Bezogen auf die Fläche und die Fundorte, beträgt der deutsche Anteil an der Verbreitung dieser Spinnenart weltweit etwas 30 Prozent.

Weberknechte und Pseudoskorpione: Weiterhin wurden 17 Weberknecht- und 5 Pseudoskorpionarten an den Mauern erfasst, darunter zwei Weberknechtarten der Roten Listen und der Erstnachweis eines Pseudoskopions (*Lamprochernes chyzeri*) für Bayern. Deutschlandweit sind von beiden Tiergruppen 49 Arten und aus Bayern 42 (Weberknechte) bzw. 25 Arten (Pseudoskorpione) bekannt. Auch für diese beiden wenig beachteten Spinnenverwandten erweisen sich also die Mauern als wichtiger Lebensraum. Der Pseudoskorpion *Chthonius tetrachelatus* wurde stetig an allen vier untersuchten Mauern erfasst und zeigt eine Präferenz für Kalkstein, an dem er deutlich häufiger war als an Sandstein.

Abb. 23: Nischen, Fehlstellen und offene Fugen sind speziell für netzbauende Spinnen ein wichtiges Strukturelement im Mauerwerk. Fotos: Theo Blick

4 Auswirkungen von Instandhaltungs- und Restaurierungsmaßnahmen

Carl Beierkuhnlein, Alexander Ulmer, Christine Mahler, Rainer Drewello, Theo Blick, Christian Strätz, Alexander Kroupa, Matthias Hammer, Andreas Zahn, Andreas Schmiedinger, Eduard Hertel, Stefan Beyer, Andreas Gohlke

Jedes historische Baudenkmal zeichnet sich durch einen separaten Entwurf, ein spezifisches Materialspektrum und einen individuellen Werdegang aus. Diese Eigenschaften verleihen ihm seinen Reiz und seine Einzigartigkeit. Sie sind der Grund für maßgeschneiderte Konzepte zu seiner Erhaltung und zum Unterhalt der Bausubstanz. Doch auch die an und in historischen Mauern lebenden Tier- und Pflanzenarten bilden Lebensgemeinschaften höchst individueller Qualität. Für jedes Gebäude müssen deshalb eigene Beurteilungen des faunistischen und floristischen Arteninventars erfolgen. In Abhängigkeit von der Grundsubstanz, der Größe des Gebäudes, seines Alters und Strukturreichtums und der erfolgten Restaurierungen ergeben sich deutliche Unterschiede in der Flora und Fauna.

Zwei Beobachtungsebenen sind dabei zu unterscheiden: direkte Einflüsse während der Durchführung der Arbeiten und langfristige Auswirkungen auf das Lebensraumangebot bzw. die Gebäudeeigenschaften. Die Beurteilung direkter Einwirkungen während der Vorbereitung und Ausführung von Maßnahmen hängt stark von der Jahreszeit ab. Der günstigste Zeitpunkt für Bautätigkeiten im Außenbereich ist im Allgemeinen die Winterperiode, aus der Sicht des Naturschutzes generell ungünstige Zeiten sind das Frühjahr und das Sommerhalbjahr. Die meisten der praktischen Instandsetzungsarbeiten sind aber nur in der frostfreien Zeit durchführbar und ohne Folgen für die Qualität der Ausführung auch nur dann zu verantworten.

Jede Instandsetzungsmaßnahme führt zur Dezimierung der Bestände. Wesentlich scheint es deshalb, darauf zu achten, dass u. a. ruhende Tiere (z. B. Fledermäuse, Reptilien) in ihren Winterquartieren nicht durch die Bautätigkeit gestört oder gar getötet werden. Während des Sommers sollte sich die zeitliche Taktung von Sanierungen wenn möglich nach biologischen Rhythmen richten (z. B. der Brutzeit gefährdeter Vogelarten). Möchte man zukünftig Störungen von Flora und Fauna durch direkte Einflüsse minimieren, ist bei Projektierungen deshalb ein abgestimmtes Zeitmanagement, die Ausweisung von Schutzzonen und das Vorsehen minimalinvasiver Eingriffe einzuplanen.

Der langfristige Einfluss auf die Pflanzen- und Tierwelt am Mauerwerk hängt hingegen stark von der Bauausführung, das heißt von der Art der Sanierung ab. Hier kann ebenfalls durch sachgemäßes Vorgehen nicht nur die Qualität des Bauwerks erhalten bleiben, auch Kosten können so eingespart werden. Eine die Natur schonende Instandhaltung muss keinesfalls teurer sein als eine konventionelle Sanierung. Im Gegenteil: Der Verzicht auf die komplette Entfernung von Bewuchs, auf mechanische Behandlungen und den Einsatz von Chemikalien mit ungewissen Langzeiteffekten kann dazu beitragen, das Gebäude nachhaltiger vor dem Verlust an Substanz und Qualität zu bewahren. Auch Folgekosten oder eine vorzeitig erforderliche Wiederholung von Restaurierungs- und Sanierungsmaßnahmen könnten vermieden werden. Dies konnte anhand der Modellversuche und durch das Monitoring gezeigt werden.

Bei Sanierungen kommt auf längere Sicht dem Ersatzmaterial eine wesentliche Rolle zu. Strukturreiche Natursteinmauern sollten strukturreich bleiben und nicht durch strukturarme Betonvorsatzschalen ersetzt werden (vgl. Thole 2007). Aus bauphysikalischen und ökologischen Gründen ist die Verwendung eines identischen, bereits verbauten Materials die beste Lösung. Bausteine wurden häufig in unmittelbarer Umgebung der historischen Baustellen gebrochen, das Material steht deshalb oft in einem engen Bezug zu den regionalen naturräumlichen Gegebenheiten. Heute sind in vielen Fällen die historisch genutzten Steinbrüche nicht mehr zugänglich oder in ihrer Nutzung drastisch eingeschränkt, so auch in Kronach oder an der Giechburg. Für zukünftige Instandsetzungen wäre jedoch eine Teilnutzung historischer Vorkommen wünschenswert. Hier muss in der Zukunft stärker auf eine Vernetzung zwischen Denkmalpflege und Geotopschutz geachtet werden, denn die noch bestehenden Aufschlüsse unrentabel gewordener Steinbrüche müssen sowohl unter dem Gesichtspunkt der Zugänglichkeit heimischer Gesteine als auch als potenzielle Ressource für Sanierungsmaßnahmen der Zukunft betrachtet werden. Auch stellen solche Standorte, die im Zusammenhang mit der Entstehung historischer Gebäude stehen, selbst oft wertvolle Biotope für Tiere und Pflanzen dar. Bei Meinungsverschiedenheiten, inwiefern eine zeitweise Nutzung der Aufschlüsse möglich ist oder nicht, sollte emotionsfrei nach Beurteilung der jeweiligen Sachlage entschieden werden.

4.1 Auswirkungen auf die Fauna

Sowohl die Artenvielfalt als auch das Auftreten gefährdeter und geschützter Arten sind eine besondere Qualität historischer Mauern. Durch einfache Maßnahmen würde nicht nur die Lebensraumqualität erhalten, sondern sogar optimiert. Dies ist vor allem angesichts der Tatsache von Bedeutung, dass an größeren Mauern nur geringe Störungen für Tiere zu erwarten sind. Auch sind Konflikte mit aktuellen Nutzern entweder gering oder zumindest lösbar. Damit ergibt sich die Tatsache, dass Lebensräume in Mauerfugen, auf Vorsprüngen und in Nischen oft über Jahre oder gar Jahrzehnte genutzt werden können, was insbesondere für ortstreue und langlebige Tierarten von immenser Bedeutung ist. Unter ökologischen Gesichtspunkten ist dies ein wesentlicher Unterschied zwischen historischen und modernen Gebäuden.

Ein weiterer Unterschied betrifft das Mikroklima, das beispielsweise Burgen von anderen Standorten unterscheidet (freie Sonneneinstrahlung, wechselnde Windeinwirkungen, etc.). Vergleichbare ökologische Bedingungen sind nur an frei stehenden Felsen anzutreffen. Bedingt durch die auch das Umfeld betreffende eingeschränkte Nutzbarkeit der Extremstandorte, veränderte sich die Landschaft im Verlauf des 20. Jahrhunderts drastisch. Durch Aufgabe der Weidewirtschaft sind unbewaldete Flächen einer ungeordneten Verbuschung gewichen, während die Umgebung aufgeforstet wurde. Frei stehende und von Tieren oder Insekten anzufliegende Felsen mit potenziell warmer Oberfläche sind rar geworden. Das Mauerwerk der im Zentrum liegenden historischen Gebäude kann diesen Verlust nicht kompensieren, aber es kann als Rückzugsraum für selten gewordene Tierarten fungieren. Werden Felsen wieder freigestellt, wie dies seit einigen Jahren aufgrund touristisch-ästhetischer Überlegungen geschieht, und erhalten sie so ihr ehemaliges Kleinklima zurück, können die an Burgmauern verbliebenen Restpopulationen die wieder zugänglichen Standorte erneut besiedeln und zur Erhöhung des Artenreichtums beitragen. Insofern könnte man Burgen und exponierten Baudenkmalen die Funktion von Inseln der Biodiversität zuschreiben.

Fledermäuse: Die Tiere finden in höher gelegenen Mauerspalten und Fugen außerhalb menschlicher Einflüsse geeignete Ruheplätze vor. Wenn Mauern Vorblendungen tragen oder größere Hohlräume bergen, sind darüber hinaus sichere Überwinterungsplätze vorhanden. Da alle Fledermausarten Deutschlands als gefährdet gelten und gesetzlich geschützt sind, muss vor jeder Baumaßnahme geprüft werden, ob und inwieweit die Tiere von den Eingriffen betroffen sind. Bei der Bewertung ist zu berücksichtigen, dass

einige Fledermausarten größere saisonale Wanderungen vollziehen und über einen längeren Zeitraum beobachtet werden müssten. Ein weiteres Kriterium sind Indizien wie Wetzspuren und Kot, welche indirekt auf die Anwesenheit der Tiere schließen lassen (Abb. 24).

Abb. 24: Großes Mausohr (*Myotis myotis*) im Winterquartier. Da häufige Störungen von Fledermäusen im Winterquartier zu großem Energieverlust und zum Verlassen des Quartiers führen können, sind sichere und unzugängliche Spaltensysteme an Burgmauern von besonderer Bedeutung.
Foto: Carl Beierkuhnlein

Durch einfache Maßnahmen, wie das bewusste Belassen offener Spalten und Fugen oder die gezielte Etablierung von Hohlräumen hinter vorgeblendeten Mauerteilen, kann bei Gebäuden, deren Lebensraumqualität durch Maßnahmen der Vergangenheit beeinträchtigt wurde, rückwirkend die Biotopeigenschaft wiederhergestellt werden. Im Gegensatz zu den für günstig erachteten Sanierungszeiten für die Erhaltung der Fauna, sind für Fledermäuse Störungen während der winterlichen Ruheperioden zu umgehen. Dies sollte aus der Sicht des Naturschutzes bei der Planung naturverträglicher Sanierungen bedacht werden.

Vögel: Kirchen-, Burg- und Stadtmauern sind für verschiedene Brutvögel von Bedeutung, die sich bereits eng in die Lebenssphäre der Menschen eingegliedert haben. Typische Beispiele sind der Turmfalke (*Falco tinnunculus*) und der Mauersegler (*Apus apus*), deren Bindung an den Menschen bereits im Namen zum Ausdruck kommt. Die Arten sind Kulturfolger, die in unserer Landschaft kaum in Erscheinung treten würden, wenn nicht Gebäude als Lebensraum zur Verfügung stünden. Sie sind auf menschliche Bautätigkeiten (der Vergangenheit) angewiesen.

Für viele Vogelarten ist aber die freie Zugänglichkeit wesentlich, was das Fehlen von Sichtbarrieren einschließt. Ferner muss das Bauwerk, wenn es zum Nistplatz werden soll, eine bestimmte Größe haben und über ein ausreichendes Angebot an Nischen und Simsen zur Anlage der Nester und Rastplätze verfügen. Störungen am Nest sollten nicht möglich sein, was durch eine entsprechende Höhe oder die geringe Nutzung von Gebäudeteilen gegeben wäre. Im Sanierungsfall ist auf die Ansprüche der nistenden Arten und deren Biorhythmen zu achten, Dies kann leicht geschehen, weil Vögel nur saisonal und nur eine kurze Zeit im Jahr am Gebäude aktiv sind.

Reptilien: Für diese Tiergruppe sind vor allem an größeren Burganlagen geeignete Lebensbedingungen gegeben. Das gilt nicht nur für die in Deutschland auftretenden Eidechsen. Auch Schlangen wie die Schlingnatter (*Coronilla austriaca*) nutzen die sich rasch aufheizende Oberfläche von Gesteinsoberflächen.

Abb. 25: An der auffallenden Färbung sind die Männchen der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) gut zu erkennen. Foto Friedrich Böhringer

Bei den Eidechsen sind der Waldeidechse die geringsten thermischen Ansprüche zuzuschreiben; die Zauneidechse (*Lacerta agilis*, Abb. 25) nimmt eine mittlere Stellung ein, während die Mauereidechse (*Podarcis muralis*) und die Smaragdeidechsenarten (*Lacerta bilineata, Lacerta viridis*) nur in den stark begünstigten Wärmegebieten Deutschlands anzutreffen sind. Man kann davon ausgehen, dass durch den Klimawandel Reptilien in Deutschland künftig verstärkt vom Lebensraumangebot historischer Gebäude profitieren werden. Naturverträgliche Sanierungen können daher auch als ein Beitrag zum Reptilienschutz verstanden werden.

Gerade für die Tiergruppe der Reptilien, die aus Prädatoren besteht, sind eine ausreichende Größe des Lebensraumes und eine entsprechende Einbindung in das landschaftliche Umfeld unverzichtbar. Zum interaktiven Umfeld gehören die Mauerfläche und eine Vernetzung mit Magerrasen, natürlichen Felsflächen, Waldrändern und Hecken. Stehen Mauern isoliert und sind Lebensräume nur fragmentiert ausgebildet, kommt es auf den Verkehrswegen der Organismen aufgrund ihrer natürlichen Mobilität verstärkt zu Verlusten. Die Individuenzahl nimmt ab, die Populationen verarmen genetisch und haben langfristig geringe Überlebenschancen. Nur aufgrund der Langlebigkeit einzelner Individuen wird die Verarmung der Gesamtpopulation oft nicht rechtzeitig bemerkt, obwohl sie stattfindet.

Insekten, Spinnentiere: Für Kleintiere stellt die flächige Verfugung einer Natursteinmauer einen drastischen Eingriff in den Lebensraum dar. Durch den Wegfall geschützter Orte wird das Lebensraumangebot zerstört, was einer Vielzahl von Arten die Existenzgrundlage raubt. Auch die Beseitigung von Ausbrüchen oder Lücken, wie sie bei Kalksteinmauern häufig zu finden sind, hat eine ähnliche Wirkung. Kraftschlüssig verfugte Mauern (Burg Waischenfeld, Giechburg) erweisen sich bezüglich der Vielfalt der Spinnentiere als deutlich arten- und individuenärmer als Mauern mit offenen Fugen (Burg Rabenstein und Festung Rosenberg). Zur Beurteilung der tatsächlichen Auswirkung unterschiedlicher Sanierungsoptionen wurden innerhalb des Großversuchs an der Festung Rosenberg vergleichende Experimente durchgeführt (vgl. Kapitel 1.3).

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass konventionell sanierte, dicht verfugte Mauern u. a. eine deutlich reduzierte Vielfalt an mauertypischen Spinnenarten und Stechimmen aufweist. Bei der Netzzählung Trichternetz bauender Spinnenarten wurde an der naturverträglichen Sanierungsvariante etwa die dreifach höhere Anzahl von Trichternetzen festgestellt. Den drastisch reduzierten Stechimmen dienen Mauern nach dem Verfüllen des Fugennetzes allenfalls noch als Aufheiz- oder Rendezvousplatz. Zur Aufrechterhaltung

der Biodiversität müssten vor oder nach Sanierungen daher Kleinstrukturen entweder erhalten bleiben oder neu geschaffen werden.

Die besondere Stellung des Fugennetzes: Das mit Natursteinmauerwerk verbundene Angebot an geschützten Hohlräumen repräsentiert einen wichtigen Beitrag zur Bereitstellung und Nutzung von Lebensräumen für viele Kleintierarten. Den Fugen kommt dabei eine Schlüsselfunktion zu (Abb. 26). Leider werden nicht verfugte Mauern gemeinhin als unästhetisch, unsauber oder unfertig empfunden. Im Hinblick auf die ökologische Bedeutung des Extremstandorts Mauer ist Aufklärung notwendig, denn durch das Fehlen einer Verfugung entstehen – zumindest bei Quadermauerwerk – in den seltensten Fällen schadensrelevante Nachteile, zumal ein Nicht-Verfugen die historisch in der Regel korrektere Variante ist. Bei Bruchsteinmauerwerk muss im Einzelfall entschieden werden, in welchem Umfang nicht verfugte Gebäudeabschnitte aus statischen Gründen und der Wasserführung toleriert werden können oder aus Sicht des Naturschutzes sogar erwünscht wären. Beispielhaft für die naturschutzfachliche Relevanz des Umgangs mit dem Fugennetz sei auf die Auswirkung von Verfugungen auf Schneckentiere hingewiesen:

Abb. 26: Unverfugtes Natursteinmauerwerk als Strukturelement in einem oberfränkischen Dorf (Mistelbach). In den weiten Fugen finden Pflanzen und Tiere einen sicheren Lebensraum. In Dörfern sind derartige Natursteinmauern nur zu finden, wenn nutzbare Gesteine in der näheren Entfernung abgebaut werden konnten. Foto: Carl Beierkuhnlein

Schnecken: Landschnecken sind in besonderer Weise von Kleinstrukturen abhängig. Da sie besonders austrocknungsgefährdet sind, benötigen sie ausreichend Deckung und Rückzugsmöglichkeiten in Fugen, Ritzen, Mauerkronen oder Gesteinshaufen. Die Entfernung von Efeu oder schattenspendenden Gefäßpflanzen bei gleichzeitiger Verfugung führt in Südlagen zu einer extremen Gefährdung der Populationen. Über das Verhältnis lebender Schnecken zu leeren Schneckenhäusern bzw. Totfunden einer Art kann man zeigen, dass eine zurückhaltend verfugte oder naturverträglich sanierte Mauer nicht zu Verlusten an Individuen führt und die Populationen der Arten nicht beeinträchtigt. Insbesondere die spezialisierten Arten bleiben erhalten.

An der Anzahl und Art der Organismen ist u. a. auf die Lebensbedingungen an der Mauer zu schließen. Auffallend sind die Funde von Lebendvorkommen typischer Felsenarten auf der naturverträglich sanierten Musterfläche, auf der man beispielsweise den Steinpicker (*Helicigona lapicida*) oder die Zweizähnige Schließmundschnecke (*Clausilia bidentata*) antrifft. Aufschlussreich ist auch, dass sich bei der Kompromisslösung und der konventionell sanierten Fläche die meisten Schneckenarten nicht auf der Natursteinmauer, sondern am Mauerfuß finden. Charakteristisch ist auch die hohe Anzahl an Schneckenarten unterhalb der mit Efeu bewachsenen Mauerabschnitte (20 nachgewiesene Arten). Eine etwas geringere Anzahl ist auf der naturverträglichen sanierten Fläche und der schonend ausgeführten Kompromisslösung zu finden, während bei der Komplettsanierung vermehrt Leergehäuse auftreten, was eine schneckenfeindliche Umgebung indiziert.

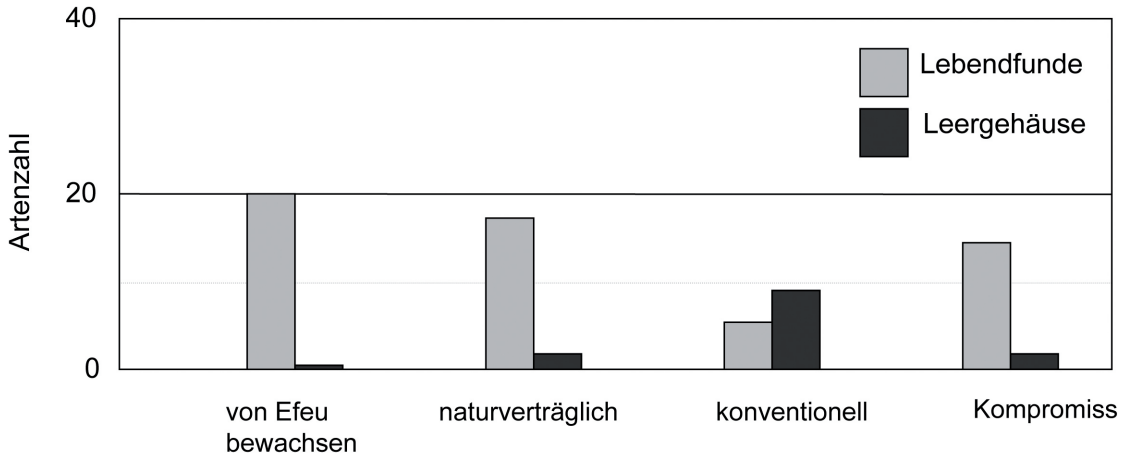

Abb. 27: Artenzahl von Schnecken, unterteilt in Lebendfunde und Funde von Leergehäusen. Mauerwerk der Festung Rosenberg (Musterfläche 2001), das unterschiedlichen Sanierungen unterzogen wurde. Die konventionelle Sanierung geht eindeutig mit der geringsten Biodiversität einher. Grafik: Stefan Beyer

In Abbildung 27 und 28 ist die Individuenzahl von Schnecken gezeigt, die in Abhängigkeit von den Testflächen nach Lebendfunden und Funden von Leergehäusen unterschieden wird. Hinzuweisen ist auf die geringe Zahl an Individuen auf der konventionell sanierten Fläche, die fünfmal geringer ist als an anderen Orten bei einer hohen Zahl an Leergehäusen (vgl. Strätz 1996, 2005, der auf Verluste lokaler Populationen durch das Anlegen von Zierrasen und die unbedachte Freistellung von Mauern hinweist).

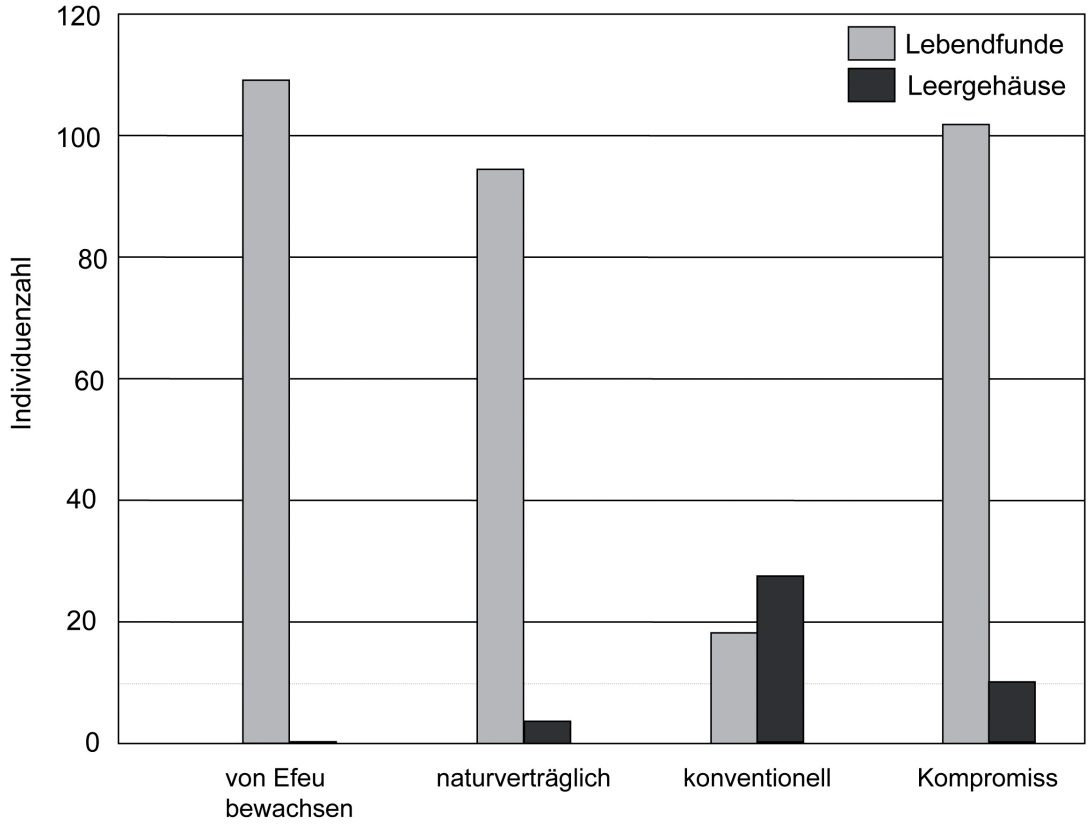

Abb. 28: Individuenfunde von Schnecken, unterteilt in Lebendfunde und Funde von Leergehäusen (Festung Rosenberg: Musterfläche 2001).
Grafik: Stefan Beyer

Das Umfeld: Neben dem Umgang mit dem Fugennetz und dem Oberflächenbewuchs, sind die Eigenschaften der vorgelagerten Vegetation qualitätsbestimmend für den Lebensraum Mauer. Die Pflege der sich anschließenden Flächen sollte die spezifischen Lebensraumbedingungen unterstützen und nicht einschränken. Beschattung durch große Bäume und Gehölze und eine hohe Luftfeuchte durch allzu dichte Vegetation würde die Aufheizmöglichkeit von Steinoberflächen einschränken, wodurch die thermischen Ansprüche spezialisierter Arten nicht mehr erfüllt sind. Deshalb ist die Freistellung von Quader- und Bruchsteinmauern für wärmeliebende Arten eine wichtige Grundvoraussetzung.

Dabei bewirkt die Freistellung grundsätzlich eine qualitative Änderung des Mikroklimas, das wärmer und trockener wird.

Die Maßnahme wirkt sich u. a. auf die wärmeliebenden Stechimmen günstig aus. So ist nach einem solchen Eingriff an der Burg Rabenstein eine höhere Artenvielfalt der Artengruppe zu ermitteln. Gleichzeitig erhöht sich die Zahl an gefährdeten Arten der Roten Liste. Das zeigt, dass eine simple Maßnahme wie das Zurückschneiden die Biodiversität wärmeliebender Arten innerhalb des Lebensraums erhöht und selten gewordene und an die spezifischen Standortbedingungen angepasste Arten gefördert werden. Umgekehrt verschwinden natürlich kälteliebende Arten.

Durch das Mähen der vorgelagerten Grünflächen – teilweise bereits durch die Freistellung der Mauerflächen von Bäumen und Sträuchern – scheint zunächst die Artenvielfalt drastisch reduziert zu werden. Bei einer genaueren Auswertung beispielsweise der Spinnentiere, ist allerdings der positive Einfluss auf seltene und mauertypische Arten und der Aufbau größerer Populationen festzustellen: Es sind in erster Linie die ubiquitären, nicht gefährdeten Arten, die zurücktreten oder verloren gehen, die aber keinesfalls typisch für Mauern oder Felsen sind. Derselbe ambivalente Effekt ist für die Stechimmen zu verzeichnen: Durch die Mahd wird erst ein deutlicher Artenrückgang provoziert. Doch auch hier sind wiederum fast ausschließlich ubiquitäre Arten ohne Mauerbezug betroffen, die das Blütenangebot des Grünstreifens nutzten, aber die Mauer nicht als Lebensraum benötigen.

4.2 Auswirkungen auf die Flora

Die Auswirkungen von Sanierungsmaßnahmen auf die Pflanzenwelt sind besonders augenscheinlich. Effekte sind nicht nur bezüglich der Biomasse bzw. der Vegetationsbedeckung insgesamt festzustellen: Auch die Biodiversität reagiert sensibel auf die Art der Sanierung. Ein Vergleich der floristischen Artenzahlen vor und nach der Sanierung ergab einen deutlichen Artenrückgang. Dieser Artenrückgang unter den Gefäßpflanzen wurde sowohl für die naturverträglich restaurierten als auch die konventionell sanierten Flächen notiert. Nur an der Kompromissfläche war sechs Jahre nach dem Eingriff eine Zunahme der Artenzahlen zu registrieren. Allerdings ist zu beachten, dass genau zwischen den beiden Vergleichsuntersuchungen das extreme Hitze- und Trockenheitsjahr 2003 lag und eine Veränderung der Artenvielfalt und der Artenzusammensetzung auch damit in Zusammenhang stehen kann.

Angesichts des Klimawandels ist künftig immer häufiger mit extremen Sommern zu rechnen. Es ist folglich darauf zu achten, dass durch

die Einbeziehung unterschiedlich exponierter Mauern in Naturschutzüberlegungen eine entsprechende Vielfalt mikroklimatischer Standortbedingungen bereitgestellt wird, sodass zumindest ein Teil der durch Trockenheit beeinträchtigten Populationen extreme Bedingungen zu überdauern vermag.

Abb. 29: Vegetationsuntersuchungen an historischen Mauern erfordern eine Übertragung der Methoden von der horizontalen in die vertikale Betrachtungsebene. Foto: Alexander Ulmer

Trockenstress hat erheblichen Einfluss auf die Artenzusammensetzung und nur wenige Spezialisten können sich dort dauerhaft etablieren. Auch diese sind auf das Erreichen einer gewissen Feuchte und auf die Bereitstellung leicht beschatteter Mikrostandorte angewiesen (Abb. 29). Das Offenlassen von Fugen ist deshalb von ganz besonderer Bedeutung für den nachhaltigen Erhalt der pflanzlichen Vielfalt am Standort Mauer. Werden, wie im Fall der konventionellen Sanierung, alle Pflanzen entfernt und die Fugen verschlossen, wird die Artengemeinschaft vollständig verändert.

Keinen nachhaltigen Einfluss auf die Artenzahl von Pflanzen an historischem Mauerwerk hat offensichtlich das Entfernen der Vegetation, solange die Entfernung nicht mit einem gänzlichen Verschließen der Fugen einhergeht. Dies ist insbesondere durch die hohe Metapopulations-Dynamik von Begleitarten in der Mauergesellschaft begründet. Viele der vorgefundenen Arten, wie beispielsweise die Brombeere (*Rubus fructisosus agg.*) oder der Mauer-Streifenfarn (*Asplenium ruta-muraria*) kommen in unmittelbarer Umgebung der untersuchten Abschnitte vor. Sie können daher von diesen Standorten ausgehend immer wieder schnell die gereinigten Mauern besiedeln.

Mauern stellen durch ihre meist trockenen Oberflächen und die in Abhängigkeit von der Exposition stellenweise vorherrschenden erhöhten Temperaturen einen Lebensraum für Pflanzen dar, die kontinental oder mediterran beheimatet sind (Brandes 1987, 1992, Junghans 2005). Das Zymbelkraut (*Cymbalaria muralis*) ist eng an Mauern angepasst und benötigt offene Fugen zur Ausbreitung (Abb. 30; vgl. Abb. 21). Es senkt seine Früchte tief in die Spalten ein und wächst mit der Frucht vom Licht abgewandt ins Dunkel. Die Pflanze verfolgt damit die Strategie, einen einmal erreichten Mauerstandort auch weiterhin zu besiedeln. Die Samen werden an sicheren Stellen deponiert, welche vor Feuchteschwankungen geschützt sind, was ihre Keimung fördert. Das natürliche Vorkommen ist als submediterran zu bezeichnen. Allerdings wurde die Art schon im 16. Jahrhundert aus ästhetischen Gründen wegen ihrer Blüten eingeführt, was nur wohlhabenden Personen aus Adel und Klerus möglich war. Die Konzentration der Vorkommen auf historische Gebäude überrascht deshalb nicht. In späterer Zeit wurden die Pflanzen (das Zymbelkraut galt zudem als Heilpflanze) von bürgerlichen, an der Natur interessierten Kreisen, wie Apothekern, Ärzten und Förstern gezielt verbreitet („angesalbt“).

Abb. 30: Ein mit Zymbelkraut (*Cymbalaria muralis*) bewachsenes Mauerwerk, das im Sommer als Schattengeber fungiert. Foto: Sybille Herkner

Eine konventionelle Sanierung beeinflusst ganz erheblich das Auftreten vieler Pflanzen. Die Wiederherstellung der vor der Maßnahme anzutreffenden Vegetation war sechs Jahre nach der Durchführung noch nicht annähernd abgeschlossen. Ein Großteil der nach der Sanierung noch immer fehlenden Pflanzenarten ist auf Tiere als Verbreitungseinheiten angewiesen. Das Reinigen und Verfüllen im Umfeld der restaurierten Mauerflächen hat zusätzlich Lebensräume für Ameisen und sonstige spezialisierte Tierarten,

die als Vektoren dienen, beeinträchtigt und damit den direkten negativen Effekt der Instandhaltung durch indirekte Effekte verstärkt (Abb. 31, 32).

Abb. 31: Die Mauerraute (*Asplenium ruta-muraria*) ist eine Farnart, bei der sich die enge Bindung an den Mauerstandort bereits im Namen widerspiegelt. Foto: Carl Beierkuhnlein

Abb. 32: Natürliches Vorkommen der Mauerraute (*Asplenium ruta-muraria*) auf anstehendem Kalkstein. Foto: Carl Beierkuhnlein

Im Zusammenhang mit Totalreinigungen muss die Bedeutung des Mauerwerks als Lebensraum für Kulturrelikte bedacht werden, welche, einmal entfernt, meist unwiederbringlich verloren sind. Ein Beispiel eines solchen Kulturrelikts ist der Schildampfer (*Rumex scutatus*), dessen Vorkommen in der Kernburg der Festung Rosenberg durch ein naturverträgliches Vorgehen gerettet werden konnte. Die Art war im Mittelalter als Würz- und Salatpflanze gehandelt worden und konnte sich über die Jahrhunderte im Umfeld der Burg als Population erhalten. Es gibt viele ähnliche Beispiele, die belegen, dass der Erhalt der rezenten Biodiversität durch schonende Maßnahmen auch zum Erhalt historisch relevanter Belege im Pflanzenreich beiträgt (Abb. 33).

Abb. 33: Der Schildampfer (*Rumex scutatus*), ein schützenswertes Kulturrelikt mit synanthropem Vorkommen an der Festung Rosenberg.
Foto: Andreas Schmiedinger

Historisches Mauerwerk sollte deshalb vor einer Instandsetzung oder Restaurierung von Fachleuten auf das Vorkommen und die Vielfalt von Tier- und Pflanzenarten überprüft werden. Neben Kulturrelikten sind die schützenswerten und gefährdeten Arten sowie die Artenvielfalt als eigene Qualität zu betrachten. Auch die Bedeutung von Pflanzen im Rahmen biologischer Wechselwirkungen mit Tieren, sei es als Pollen- oder Nahrungsgrundlage, als optischer Schutz oder als Garant für die Bereitstellung eines günstigen Mikroklimas sind in der Projektierung zu bedenken.

Zwischen einzelnen Burgmauern kann der Beitrag verschiedener funktioneller Pflanzengruppen zur Deckung erheblich voneinander abweichen (Abb. 34).

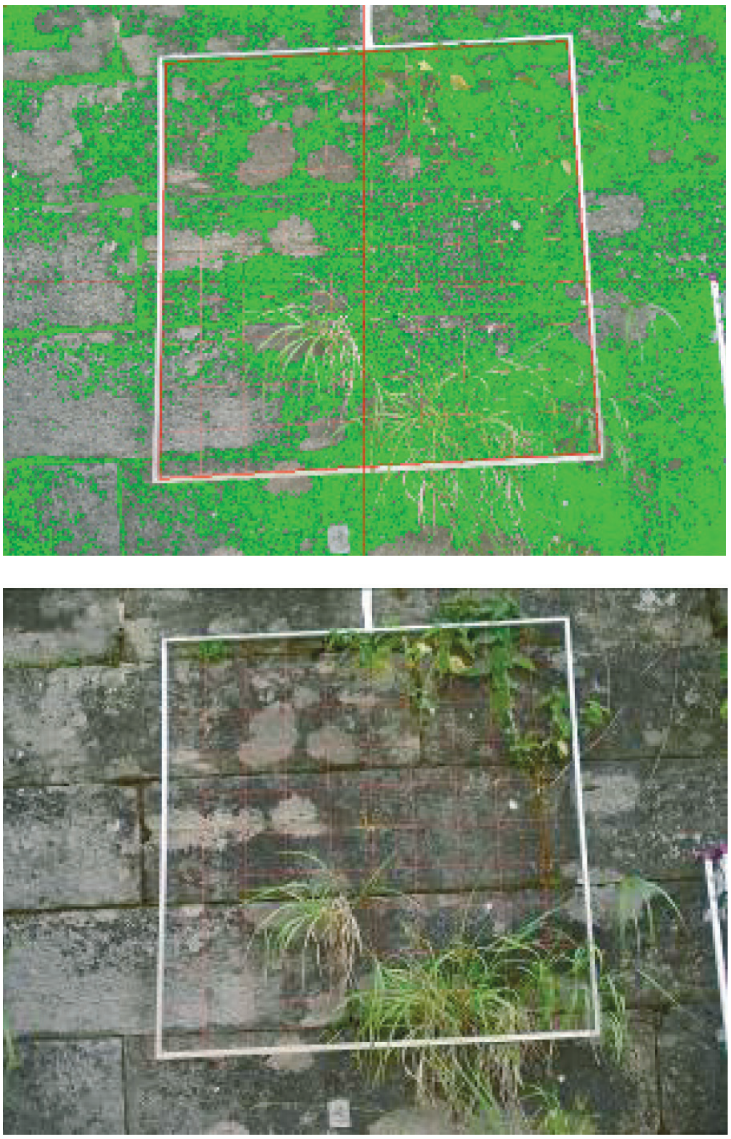

Abb. 34: Darstellung der Vegetationseigenschaften am Mauerwerk des „Waffenplatzes Philipp“ (Festung Rosenberg, Kronach) nach Aufbereitung der digitalen Fotodokumentation. Foto: Alexander Ulmer

Es zeigt sich aber eindeutig, dass eine alleinige Beachtung der leicht bestimmbaren Gefäßpflanzen die Verhältnisse nur sehr unzureichend bis sogar falsch abbilden würde. Ganz entscheidend für die botanische Qualität von Mauern ist das Auftreten von Moosen und Flechten. Die Bedeckung der Maueroberfläche und des Gesteins kann teils flächig erfolgen. Aufgrund des schwierigeren taxonomischen Zugangs und der geringen Zahl von Spezialisten, werden Arten dieser Gruppen nur selten vollständig erfasst, doch kann mit einfachen optischen Verfahren eine ausreichende Dokumentation der Kryptogamen erfolgen (Abb. 35).

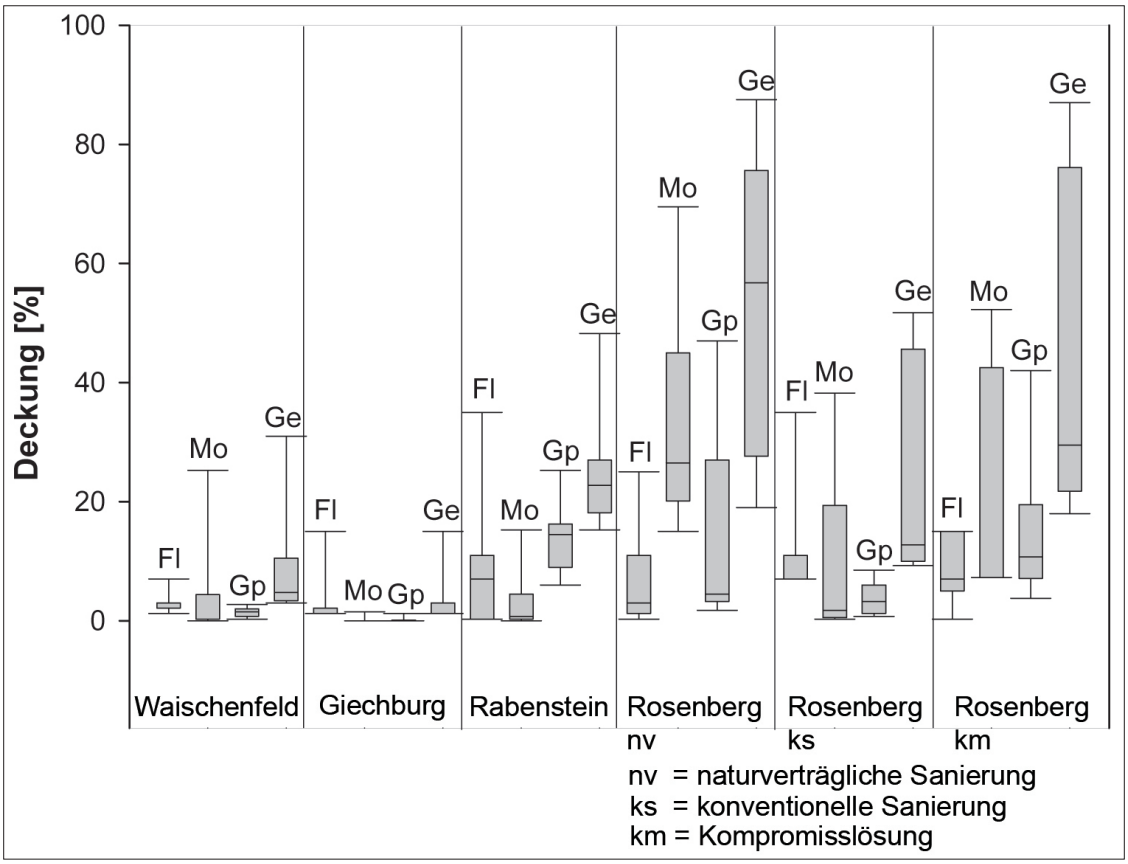

Abb. 35: Beitrag verschiedener funktioneller Pflanzengruppen (Fl = Flechten, Mo = Moose, Gp = Gefäßpflanzen, Ge = Gesamt) zur Bedeckung der Maueroberfläche an oberfränkischen Burgen. Grafik: Alexander Ulmer

In experimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass insbesondere Moose und Flechten ganz maßgeblich zum Vermeiden von Substanzverlust beitragen können. Die visuell erkennbaren Moospolster und Flechtenthalli assoziieren zwar zunächst eine Beeinträchtigung von Gesteinsoberflächen, doch haften sie zum Großteil nur an der Oberfläche der Steine. Moose haben kein Wurzelsystem, sondern sind mit ihren Rhizoiden nur an der Fläche verankert. Flechten, die immer aus einem Pilz und einer photosynthetisch aktiven Grünalge oder einem Cyanobakterium bestehen, vermögen es durchaus in das Gestein einzudringen. Deshalb können sie gar nicht nachhaltig und effektiv entfernt werden In diesem Zusammenhang soll bereits hier angemerkt werden (vgl. Kapitel 5.1), dass die Entfernung des biogenen Belages in jedem Fall einen erheblichen Substanzverlust für das Denkmal bedeutet. Denn auch nach einer Reinigungsmaßnahme kommt das Wachstum auf den Maueroberflächen nicht zum Stillstand. Der Wunsch nach einer „sauberen“ Mauer zieht das Prinzip der wiederholten und immerwährenden Entfernung flächig ausgebildeter Vegetationen nach sich und damit den Verlust der Gesteinsoberfäche.

Gerade einige Moosarten treten nahezu regelmäßig an Mauern auf. Zu nennen sind das extreme Trockenheit vertragende Mauer-Drehzahnmoos (*Tortula muralis*; Abb. 36), welches an Kalkfelsen gebunden ist, aber durch die Verwendung kalkhaltiger Mörtel an fast allen Mauern auftritt, und das ebenfalls kalkliebende, goldgrün glänzende Seidenmoos (*Homalothecium sericeum*), das eher halbschattige Standorte bevorzugt.

Abb. 36: Eine weit verbreitete Moosart an Mauern historischer Gebäude ist das Mauer-Drehzahnmoos (*Tortula muralis*). Foto Alexander Ulmer

Moose tragen maßgeblich zur Artenvielfalt der Pflanzen an Burgmauern bei (Abb. 37). Sie sollten daher nicht als schmückendes Beiwerk verstanden werden, sondern eine gleichberechtigte Bearbeitung erfahren. Für gewöhnlich sind jedoch Flechten die Erstbesiedler des Standorts Mauer. Sie wachsen direkt auf dem Gestein und sind unabhängig von dem Vorhandensein von Fugen und Spalten. Der Thallus von Krustenflechten, zu denen der Großteil der mauertypischen Arten zählt, befindet sich in so engem Kontakt mit dem Substrat, dass er nicht entfernt werden kann, ohne das Baumaterial zu beschädigen. Einige Arten sind allerdings sehr speziell in ihren Ansprüchen und wachsen bevorzugt auf Gestein oder Mörtel. Klare Präferenzen für Kalkstein zeigten *Verrucaria nigrescens, Caloplaca cirrochroa, Caloplaca decipiens, Caloplaca flavescens* und *Lecidella stigmatea*. *Caloplaca citrina* und *Lecanora dispersa*, zwei nitrophile und kalkliebende Arten mit weiter ökologischer Amplitude, traten an allen untersuchten Burgen auf.

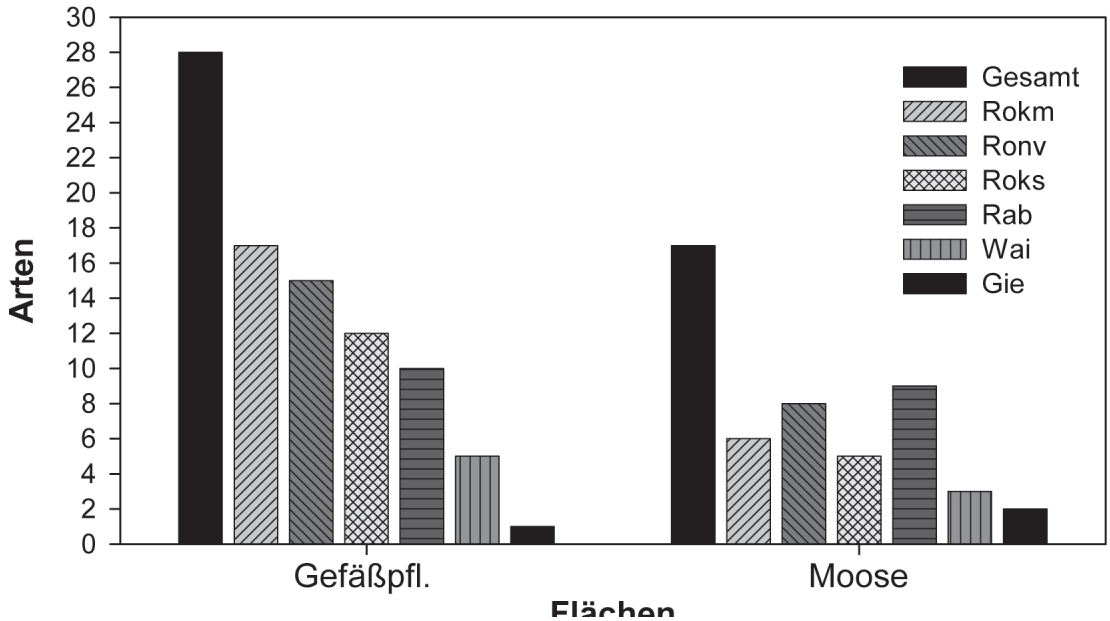

Abb. 37: Vergleich der pflanzlichen Artenvielfalt an oberfränkischen Burgmauern auf jeweils neun zufällig verteilten Flächen von einem Quadratmeter (Ro = Rosenberg, km = Kompromisslösung, nv = Naturverträgliche Sanierung, ks = konventionelle Sanierung, Rab = Burg Rabenstein, Wai = Burg Waischenfeld, Gie = Giechburg). Grafik: Alexander Ulmer

4.3 Auswirkungen auf die Schadensentwicklung an der Musterachse

Im Jahr 2000 wurden vor dem Anlegen der Musterachse an der Festung Rosenberg kartographische Schadensaufnahmen der Untersuchungsbereiche erstellt, die auch die erforderlichen Maßnahmen zur Stein- und Fugenbearbeitung enthalten. Zur Feststellung der zeitabhängigen Unterschiede sind die Steinschäden an den angelegten Musterflächen im Jahr 2006 nochmals kartographisch dokumentiert und hinsichtlich der Schnittmengen ausgewertet worden. Das Schadensbild, das sich im Laufe der Zeit an den Musterflächen entwickelt hat, führt für die wesentlichen Schadensphänomene zu folgenden Aussagen:

Die **Schalenbildung** an der naturverträglich sanierten Musterfläche ist nicht ausgeprägter als am konventionell sanierten Bereich. Im Gegenteil: Sowohl bei der Kompromisslösung als auch der naturverträglich Variante scheint der Bewuchs eine schützende und keine schädigende Wirkung zu haben. Die Bereiche mit Gesteinsschalen sind deutlich weniger ausgedehnt als bei der konventionellen Sanierung, bei der freigelegt, gereinigt und partiell gefestigt wurde. Die Kompromisslösung zeigt einen insgesamt höheren Anteil an Schalen als die naturverträglich sanierte Fläche, allerdings

muss die insgesamt feuchtere Umgebungssituation einkalkuliert werden. Ein Vergleich der tatsächlich durchgeführten Maßnahmen mit dem Schadensbild zeigt, dass offenbar kein Zusammenhang zwischen Festigung und Schalenbildung besteht (Abb. 38).

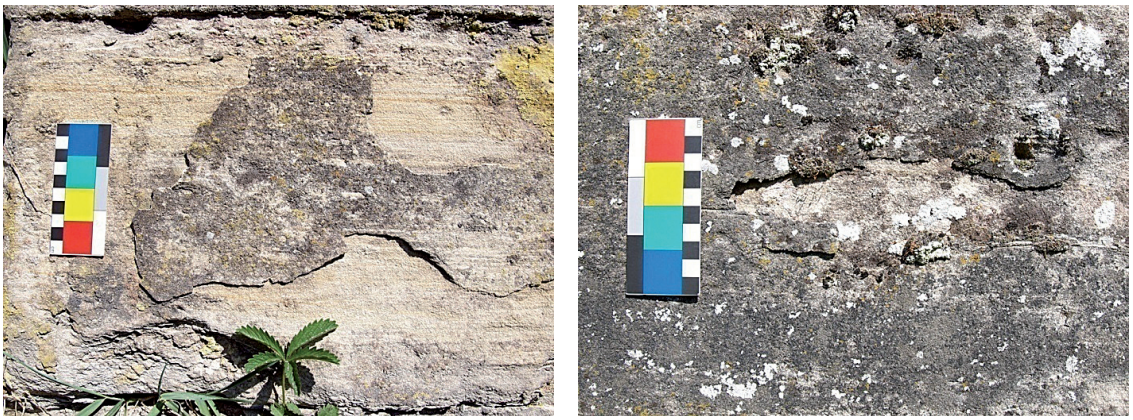

Abb. 38: Die Schalenbildung an der Festung Rosenberg ist größtenteils auf abiotische Prozesse zurückzuführen. Fotos: Ursula Drewello

Rückwitterung. Die komplett sanierte Mauerfläche war aufgrund der gründlichen Reinigung über die Jahre hinweg weitaus stärker atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt als die benachbarten Flächen. Dort schienen Moose und intakte Flechtenthalli wie eine zweite Haut des Mauerwerks zu wirken, welche im anderen Fall durch die Reinigung nachhaltig verletzt worden ist. Die Auswertung der Dünnschliffe zum Eindringverhalten von Moosen und Flechten, die im letzten Kapitel beschrieben wird, zeigt, dass Flechten auf den Oberflächen der untersuchten Gesteine endolithisch wachsen, d. h. in die Gesteinsmatrix regelrecht einwachsen und somit Teil des Gesteins werden. Eine Entfernung der Flechten führt damit zwangsläufig zu einer Zerstörung der gewachsenen Epidermis aus Flechten und Gestein. Die an der Oberfläche gebildete flechteninduzierte Rinde wird mit der Reinigung entfernt und die vom Mycel durchwachsene Steinoberfläche verstärkt den äußeren Einflüssen ausgesetzt. Vor allem bei Sandstein führt dies zu einem beschleunigten Abtrag der oberen Kornlagen bis sich die Flechte wieder regeneriert hat. An nicht bewachsenen Stellen treten Rückwitterungsphänomene wie Absanden an allen drei Musterflächen in vergleichbarem Umfang auf.

Schäden an **Ergänzungsmassen und Fugmörteln** sind das Ergebnis eines nicht an das Gestein angepassten Mörtels und kein Resultat der Anwendung unterschiedlicher Sanierungsoptionen (Abb. 39). Vor allem bei der Komplettsanierung ist ein Großteil der 2001 verfüllten Fugen aufgefroren oder ausgebrochen. Während dort Sumpfkalk als Bindemittel zum Einsatz kam, wurden für die naturverträglich behandelte Fläche und die Kompromisslösung Kalkhydrat und hydraulischer Kalk eingesetzt, was sich als die witterungsresistentere Materialwahl erwies.

Abb. 39: Schadhafte Fugen und Fehlstellen an der Festung Rosenberg. Fotos: Ursula Drewello

Fazit: An der naturverträglichen Musterfläche und der Kompromisslösung ist es innerhalb des sechsjährigen Beobachtungszeitraums zu keiner verstärkten Schädigung des Gesteins und des Fugennetzes gekommen. Das Gegenteil ist der Fall: Bei der Komplettsanierung ist die Schalenbildung stärker ausgeprägt. Ursache der Schutzwirkung ist der biogene Bewuchs, der Klimaspitzen kompensiert und den Feuchte- und Temperaturhaushalt am Gestein nivelliert: Feuchte wird am Gestein entweder verbraucht oder gehalten, hohe Temperaturen im Sommer werden durch die Schattenwirkung und tiefe Temperaturen wie Frost durch die isolierende Wirkung der Moose, Flechten und Gräser abgemildert. Außerdem ist die Nachhaltigkeit konventioneller Instandhaltungen zweifelhaft: Der Bewuchs durch Blütenpflanzen im schadhaften Fugennetz der konventionell sanierten Fläche hat sich innerhalb des Beobachtungszeitraums wieder eingestellt und das gereinigte Gestein ist erneut von Flechten bewachsen. Der natürliche Oberflächenbelag regenerierte sich, nur die Artenvielfalt hatte sich als Folge der Sanierungsoptionen geändert.

5 Naturverträgliche Instandhaltung und Restaurierung

Ursula Drewello, Rainer Drewello, Andreas Schmiedinger, Dietrich Förster

Naturverträgliche Instandsetzungen und Restaurierungen zeichnen sich durch möglichst geringe Eingriffe in den Lebensraum Mauer bei gleichzeitiger Beachtung der denkmalpflegerischen Leitlinien der Substanzerhaltung und Schadensvorbeugung aus. Dies kommt der Erhaltung der Artenvielfalt am Mauerwerk zugute und wird den Anforderungen der Denkmalpflege gerecht. Im Folgenden werden Maßnahmen am Mauerwerk unter dem Aspekt der Naturverträglichkeit und der Substanzerhaltung bewertet (zur generellen Vorgehensweise bei Steinkonservierungen vgl. Snethlage 2005). Ein den Bewuchs schonender Umgang muss im Falle von statischen und konstruktiven Problemen (Einsturzgefahr, Gefährdung der Verkehrssicherheit) in den Hintergrund treten, da in diesem Fall Sicherungsarbeiten erste Priorität besitzen. Die Maßnahmen von ökologischer und denkmalpflegerischer Relevanz sind unter den vier Abschnitten „Reinigung“, „Behandlung des Fugennetzes“, „Umgang mit Fehlstellen“ und „Behandlung von Werksteinflächen“ zusammengefasst.

5.1 Oberflächenreinigung

Flechten und Moose

Abhängig von der Exposition, dem Bauteil, dem Gestein und bereits durchgeführten Restaurierungen können sich Oberflächenbeläge aus Flechten und Moosen in unterschiedlichem Ausmaß entwickeln. Dies betrifft sowohl den Bedeckungsgrad als auch die Vielfalt der Arten. Während sich Flechten an trockenen Standorten durchsetzen, haben Moose an feuchten Mauerabschnitten einen Standortvorteil. In der vorliegender Studie war zu klären, inwieweit Moose und Flechten tatsächlich eine Schädigung des Gesteins verursachen oder vorantreiben können.

Bislang wurde angenommen, dass insbesondere **Moose** Feuchtigkeit speichern, Wasser am Mauerwerk zurückhalten und auf diese Weise der Frostsprengung an der Gesteinsoberfläche im Winter Vorschub leisten. An keiner der untersuchten Burgmauern hat sich diese Vermutung bestätigen lassen. Vielmehr wurden an der Festung Rosenberg gerade unterhalb von Moosdecken auffallend intakte Steinoberflächen angetroffen (Abb. 40). Die teilweise noch perfekt scharrierten barocken Quader waren in weitaus geringerem Maße zurückgewittert als unmittelbar benachbarte Werksteine derselben Gesteinsvarietät, die keine Moosbedeckung trugen. Die Befunde

lassen darauf schließen, dass Moosbewuchs offensichtlich in der Lage ist, Temperaturspitzen zu nivellieren. Dies hätte zum einen eine Abschwächung von Nachtfrösten zur Folge, die insbesondere in Übergangszeiten und in den feuchten Monaten November und März eine Gefahr für Sandsteinoberflächen sind. Das Moos übernimmt in der Winterperiode demnach eine Art Mantelfunktion. Zum anderen zeigt sich ein weiterer positiver Effekt in der Sommerperiode, in der durch die beschattende Wirkung der Moose extreme Temperatursprünge, das Aufheizen des Mineralgefüges und die daraus resultierende thermisch induzierte Expansion abgemildert werden. Da die thermische Zerrüttung von Mineralgefügen irreversibel ist und zur Volumenzunahme der oberen Kornlagen, der Vergrößerung der inneren Oberfläche und zu Spannungsrissen führt, ist einer exponentiellen Beschleunigung des Oberflächenabtrags durch Wind und Wetter Tür und Tor geöffnet. Moose hätten daher im Sommer eine ausgleichende und schützende Wirkung auf den Untergrund – wenngleich die Pflanzenmatte das Baudenkmal unsichtbar macht, was nicht im Sinne der Denkmalpflege ist. Wenn man in konservatorischen Kategorien denkt, sind Moose allerdings als ein idealer Schutzbelag zu interpretieren.

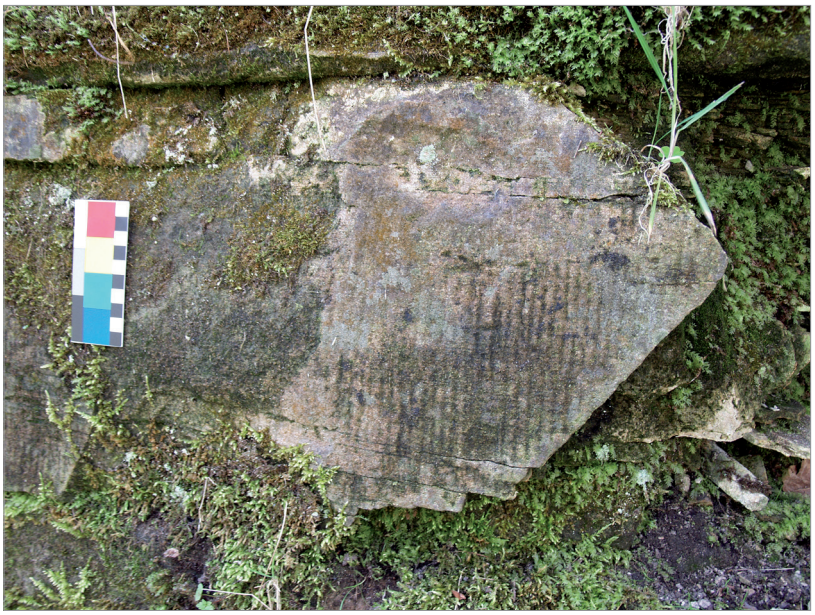

Abb. 40: Nach Abnahme der Moosdecke kommt nicht selten eine besser erhaltene Steinoberfläche zum Vorschein als bei einer nicht von Moos bewachsenen. An der gezeigten Stelle ist die originale Steinbearbeitung (Scharrierung) des 18. Jahrhunderts erhalten. Foto: Ursula Drewello

Dass Moose die Festigkeit der Gesteinsmatrix nicht herabsetzen und keine, die Auflösung des Kornverbands beschleunigende Wirkung haben, ist pflanzenphsiologisch zu begründen und lichtmikroskopisch nachweisbar. Das „Wurzelwerk“ der Moose, ihre Rhizoide, dienen lediglich der

Verankerung am Untergrund und nicht der Wasser- oder Nährstoffaufnahme. Denn die Rhizoide haften nur locker an den obersten Kornlagen. Sie dringen nicht in den Kornverband ein und penetrieren nicht in das Porensystem. Vielmehr nutzen sie die Oberflächenrauigkeit und Topografieunterschiede. Sie sind in keiner Weise für die Zerrüttung oder die Auflösung der Epidermis verantwortlich. Dies veranschaulicht nicht zuletzt die Menge an abgelösten Quarzkörnern oder Tonmineralen, die bei der Abnahme an den Unterseiten von Moosen verbleibt und in der Regel auf eine Vorschädigung des Mauerwerks zurückgeht, die andere Ursachen als den Pflanzenbewuchs hat.

Flechten dringen weiter in das Steingefüge und Porensystem ein. Als symbiontische Lebewesen aus Alge, Pilz und gelegentlich Cyanobakterien sind Flechten sehr anpassungsfähig und können Standorte besiedeln, die von anderen Pflanzen kaum zu nutzen sind. Das Wachstum auf blanken Gesteinen, in die der Pilz mit seinem Hyphengeflecht bis zu mehreren Millimetern und Zentimetern vordringt, ist typisch und führt zu einer hartnäckigen und irreversiblen Verankerung der Flechte im Substrat. Aufgrund der Verzahnung mit dem Untergrund lassen sich die meisten Krustenflechten nur unter Einsatz drastischer Methoden zusammen mit dem bewachsenen Gestein abtrennen, wobei das Pilzmycel in der Tiefe des Gefüges verbleibt. Mit Ausnahme einzelner Exemplare der Spezies *Lecanora campestris*, die durch ihre Wuchsform Gesteinsmaterial aktiv abzutransportieren vermag, waren zumindest an den Vorwerken der Festung Rosenberg keine eindeutigen Hinweise auf eine schädigende Wirkung der Organismen zu erbringen (Abb. 41).

Abb. 41: Die Krustenflechte *Lecanora campestris* zeigt an der Festung Rosenberg eine sehr geringe Wachstumsgeschwindigkeit von unter einem Millimeter pro Jahr. Foto: Andreas Schmiedinger

Bezogen auf die Gesamtheit der Mauerflächen sind die durch Flechten verursachten Schäden als gering zu bewerten und die möglichen Schutzeffekte zu betonen (vgl. Arino et al. 1995; Wendler & Prasartset 1999; Drewello & Schmiedinger 2008; Drewello & Drewello 2009). Hinzu kommt, dass die Reinigung wegen der tiefgründigen Verankerung der Organismen dem Gestein mehr zu schaden als zu nutzen scheint, was man bereits um 1950 thematisierte (vgl. von Moos & de Quervain 1948). Die Erkenntnisse haben jedoch keinen wirklichen Eingang in die Praxis gefunden, nicht zuletzt, weil Flechten ein schlechtes Image in der Baudenkmalpflege genießen und als besonders schädigend gelten.

Dabei ist es genau umgekehrt: Flechten übernehmen aufgrund hydrophober Eigenschaften eine Schutzfunktion für das darunter liegende Gestein. So verfügt Sandstein- und Kalksteinmauerwerk, auf dem Flechten wachsen, über wasserabweisende Eigenschaften, die das Eindringen von Schlagregen weitgehend unterbinden. Ursache des „natürlichen Regenschirms" sind biogene Hydrophobine, die man erfinden müsste, wenn es sie nicht schon gäbe (Honegger 2009). Die wasserabweisende Wirkung fällt bei Kalkstein weniger ins Gewicht, weil die Wasseraufnahme um Größenordnungen geringer ist als beim Sandstein. Dementsprechend ist auch das Wasserrückhaltevermögen von Kalkstein geringer, was sich unmittelbar auf das biogene Wachstum, die Art der Besiedelung und die Gesteinskorrosion auswirkt (Abb. 42). So zeigt sich intakter Kalkstein trotz der Unterschiede in den Fazies weitaus weniger tief von Myzelien durchdrungen als Sandstein, der aufgrund des silikatischen Korngerüsts und der intergranularen Poren viel Raum in den Kornzwickeln aufweist und je nach Feuchte und Dichte zentimetertief von Pilzmyzelien durchwachsen sein kann (Abb. 43, 44).

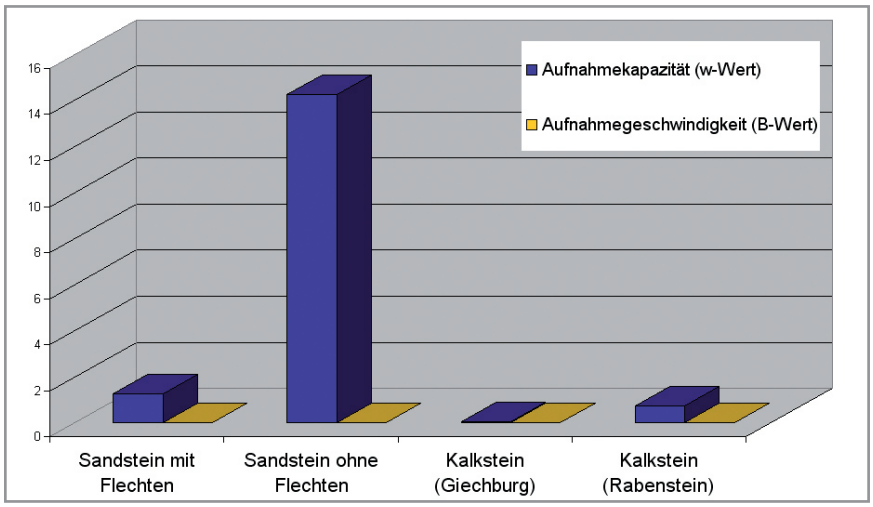

Abb. 42: Vergleich der Wasseraufnahme von Sandstein an der Festung Rosenberg mit und ohne Flechtenbewuchs mit der Wasseraufnahme von Kalkstein (ohne Flechtenbewuchs) an der Giechburg und Burg Rabenstein. Grafik: Ursula Drewello

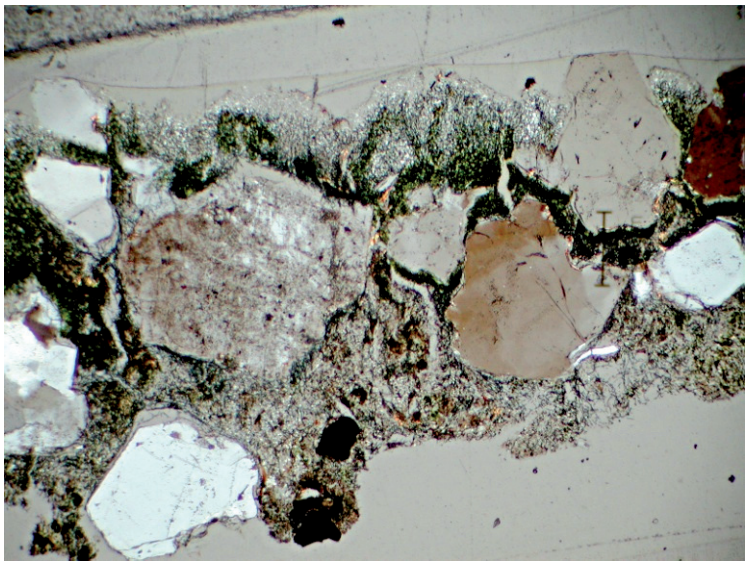

Abb. 43: Der Sandstein der Festung Rosenberg wird von Flechtenmyzelien (graubraun) millimeter- bis zentimetertief durchdrungen (Dünnschliff, ca. 50x). Foto: Ursula Drewello

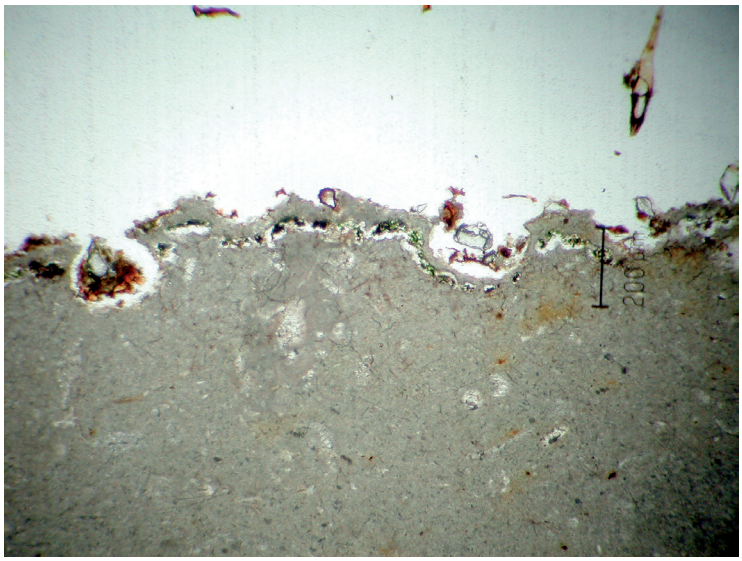

Abb. 44: Die Matrix des an der Giechburg anstehenden Kalksteins ist sehr dicht, sodass vor allem die korrodierte Steinoberfläche besiedelt wird (Dünnschliff, ca. 50x). Foto: Ursula Drewello

Durch Ausbrüche kristalliner Phasen in dolomitisiertem Kalzit können jedoch auch in Kalksteinen offenporige Situationen entstehen, die ein Einwachsen der Flechtenhyphen und Moosrhizoide begünstigen. Dabei nutzen die Rhizoide nicht nur entstandene Unebenheiten zum Anhaften, sondern auch die von den Flechtenhyphen aufgeraute Gesteinsoberfläche, während sich die Haftorgane der Flechten (Rhizine) aktiv ihren Weg in das Gestein

bahnen: So lösen Hyphen durch die Ausscheidung von Flechtensäuren das kalzitische Bindemittel des Kalks an und dringen in die Tiefe des Gesteins ein. Allerdings sind die Penetrationsraten gering: die erreichten Korrosionstiefen liegen im Submillimeterbereich (Abb. 45, 46).

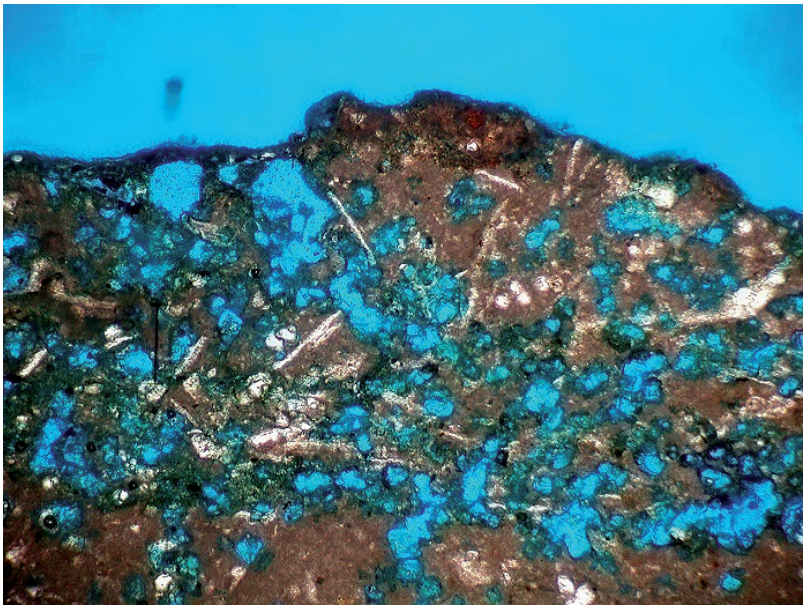

Abb. 45: Burg Rabenstein: Die Kalkmatrix zeigt Bereiche mit weitgehend ausgelösten Dedolomitkristallen (blau), sodass eine schwammartige Matrix entsteht, die biogen (grünlich) besiedelt ist (Dünnschliff, ca. 100x). Foto: Ursula Drewello

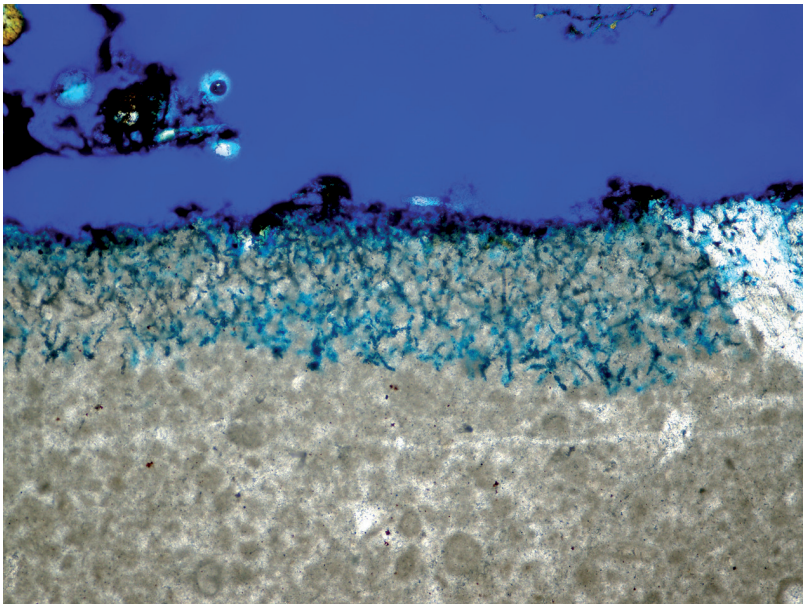

Abb. 46: Burg Waischenfeld: Mithilfe der Ausscheidung saurer Stoffwechselprodukte vermögen Pilzhyphen auch in die dichte Kalksteinmatrix einzudringen (Dünnschliff, ca. 100x). Foto: Ursula Drewello

Reinigungsversuche und Nachhaltigkeit

Um die Auswirkung von Natursteinreinigungen zu überprüfen, wurden im Wallmauerprojekt mehrere Testflächen am Kernpentagon und dem Waffenplatz Philipp analysiert. Die Reinigungsversuche umfassten neben wässrigen mechanischen Methoden (Wasser und Heißdampf, Holzspatel) auch Partikelstrahlverfahren. Letztgenannte erbrachten bei den angetroffenen feuchten Belägen keinen Reinigungseffekt. Dagegen sind durch wässrige Verfahren optisch zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Allerdings nur, wenn zusätzlich zur Heißdampf- oder Wasserreinigung weiche Bürsten zum Abtragen der Oberflächenbeläge eingesetzt werden. Im Testfall wurde eine zweimalige Nachbehandlung mit Ethanol durchgeführt, die eine bessere Benetzung der Oberfläche gewährleisten und aufgrund der desinfizierenden Wirkung die mikrobielle Kontamination herabsetzen sollte.

Die Abnahme der Beläge ging selbst bei schonendem Vorgehen mit einem erheblichen Verlust an historischer Oberfläche einher. Dies ist an sich nicht akzeptabel, da Bearbeitungs- und Gebrauchsspuren als Zeitdokument einen besonderen Status und Schutz genießen. Im Vergleich mit einer nur von Algen bewachsenen Probefläche, die die geringste Abtragrate aufwies, ergaben sich für Flechtenbeläge Gesteinsverluste, die um den Faktor 3,5 höher lagen, was einem Abtrag originaler Substanz bis in eine Tiefe von zwei Millimeter gleichkommt. Zudem waren Flechtenkörper so eng mit der Oberfläche verzahnt, dass nur drastische Methoden wie das mechanische Abarbeiten oder eine thermische Behandlung („Abflammmethode“) einen besseren Reinigungserfolg versprochen hätten. Interessant war, dass die zusätzliche Behandlung mit Ethanol weder die Keimung noch die Stoffwechselaktivität von Algen und Pilzen nachhaltig verhindert hat.

Testfeld von 1993

Eine weitere Testfläche war bereits 1993 am Ravellin Anton der Festung Rosenberg angelegt worden. Dabei flammte man die Oberfläche komplett mit einem Gasbrenner ab, behandelte sämtliche Quader mit einem Fungizid, festigte partiell mit Kieselsäureester und verfugte das Feld komplett mit dispersionshaltigem Kalkzementmörtel. 15 Jahre später zeigt sich, dass weder die thermische Behandlung noch die Fungizide die beabsichtigte Wirkung zur Folge hatten, sondern vor allem zu einer Veränderung der natürlichen Population geführt haben (Abb. 47): Nachdem der Bewuchs zunächst drastisch reduziert worden war, breitete sich in der Folgezeit eine einzige Flechtenart flächendeckend aus. Während heute an der benachbarten Mauerfläche eine auf Konkurrenz beruhende, natürliche Vielfalt herrscht, dominiert an der restaurierten Fläche die weißlich-graue

Flechte *Lecanora dispersa* (vgl. Drewello & Drewello 2009). Hätte man das Flechtenwachstum eindämmen wollen, wäre ein Abtrag von mehreren Millimetern Gestein nötig gewesen. Dass die Abnahme und Eindämmung von Flechten – ob mechanisch oder chemisch – bei frei exponierten Baudenkmalen nicht von Dauer ist, unvorhersehbare Auswirkungen auf die Population der Organismen hat und das Gestein über Gebühr beansprucht, ist als das ernüchternde Resultat des Restaurierungsversuchs festzuhalten.

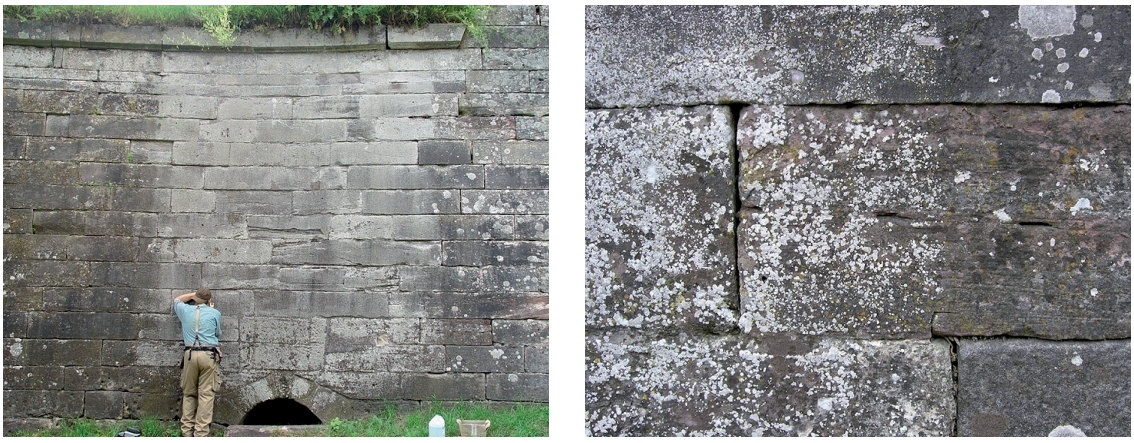

Abb. 47: Links: Mit Fungizid behandelte, hell erscheinende Fläche im Überblick. Rechts: Detail der Übergangszone zwischen der behandelten, auffallend dicht und artenarm besiedelten Mauerfläche (links) und der unbehandelten, weniger dicht und artenreicher besiedelten Mauerfläche (rechts). Fotos: Rainer Drewello

Fazit: Weder Flechten, Moose oder Algen müssen aus Gründen der Substanzerhaltung oder Schadensvorbeugung abgenommen werden. Von den vielfältigen Schutz- und Nutzfunktionen der Organismen profitieren das Mauerwerk und das natürliche Umfeld. Es lassen sich keine oder nur sehr geringe nachteilige Auswirkungen des Bewuchses auf das Gestein oder den Wasserhaushalt des Bauwerkes nachweisen. Vielmehr beeinträchtigen Reinigungsmaßnahmen massiv die Gesteinsoberfläche, unabhängig davon, ob es sich um eine mechanische Abnahme oder eine thermische bzw. chemische Maßnahme handelt. Im Gegenteil: Sie führen zu einer Beschleunigung natürlicher Rückwitterungsprozesse und sind mit erheblichen Substanzverlusten verbunden. Zudem haben die aufwendigen und teuren Komplettsanierungen keine nachhaltige Wirkung, sondern fördern die Ausbreitung eines an Arten verarmten Belags.

5.2 Behandlung des Fugennetzes

Das Verfüllen des Fugennetzes von Quadermauerwerk mit witterungsstabilen Fugmassen ist aus denkmalschutz- und naturschutzfachlicher Sicht kritisch zu bewerten. Mehrere Argumente sprechen gegen eine derartige Maßnahme, die aus bautechnischen Gründen zur Verhinderung des Eindringens von Schlagregen und Einwachsens von Gehölzen und Pflanzen empfohlen wird. Im Einzelnen lassen sich folgende Punkte anführen:

a) Aufgabe eines Fugenmörtels ist es, den Feuchtetransport von außen nach innen zu verhindern. Durch Beregnungsversuche war aber kein starkes Eindringen von Regenwasser in offene Lagerfugen nachzuweisen. Dagegen hatten die offenen Lagerfugen bei erdangebundenem Mauerwerk und frei exponierten Baukörpern sogar eine entwässernde Funktion. Das in den Baukörper eingedrungene Regen- und Schmelzwasser wurde effektiv über das Fugennetz abgeleitet. Eine übermäßige Durchfeuchtung der Mauerschale war nur im Falle flächenhafter Verfugungen zu beobachten.

b) Kräutern und Gräsern ist die Besiedelung von gering strukturierten Gesteinsoberflächen nicht möglich. Sie sind auf Fugen, Risse oder Fehlstellen angewiesen, damit ihre Wurzeln und Feinwurzeln sich verankern können und tiefer liegende Feuchtezonen erreichen. Bei einer Verfugung fällt automatisch der für die Pflanzen notwendige Lebensraum weg, was einer naturverträglichen Vorgehensweise entgegengesetzt ist (Abb. 48).

Abb. 48: Kräuter und Gräser finden in den Fugen halt.
Fotos: Andreas Schmiedinger

c) Schäden durch Wurzelwachstum von Pflanzen und Gräsern oder das Eindringen von Wurzeln in intaktes Gestein können ausgeschlossen werden. Hebungen und Abscherungen sind nicht zu erwarten, vorausgesetzt das Wurzelwerk wächst in intaktes Mauerwerk.

d) Ein Sonderfall sind Gehölze und die Verformung des Mauerverbunds durch sekundäres Dickenwachstum. Dem Einwachsen ist mit einer regelmäßigen Pflege durch Rückschnitt im Turnus von zwei Jahren wirksamer zu begegnen als mit dem Verfugen.

e) Nicht verfugte Mauern sind ein bedeutsamer Lebensraum für die unterschiedlichsten Tiergruppen. Zur Sicherung ihrer Nahrungsgrundlagen und der Fortpflanzung sind sie auf offene Fugen als Basis für Nahrungsquellen und als Nist- und Rückzugsplätze angewiesen. Die Verfugung zerstört diesen Lebensraum (Abb. 49).

Abb. 49: Der Steinpicker (*Helicigona lapicida*) nutzt offene Fugen als Tagesversteck (Festung Rosenberg). Foto: Dietrich Förster

f) Insbesondere bei Kalksteinen und bei Sandsteinen mit geringer Wasseraufnahmefähigkeit wird das Wasser- und Nährstoffangebot für Flora und Fauna weniger durch das Gestein als durch das Fugennetz und über offene Zwischenräume bereitgestellt. Im Falle einer Verfugung werden beide Parameter mit unvorhersehbaren Folgen verändert und die monotone Besiedelung durch Algen oder einzelne Flechten gefördert, während die Anzahl der Arten an Blütenpflanzen, Gräsern, Tieren und Insekten drastisch abnimmt (Abb. 50, 51).

g) Bindemittelarme Versetz- und Fugenmörtel stellen einen Kompromiss dar. Bei geeigneter Zusammensetzung können sie Wasser speichern und für Pflanzen, Tiere und Mikroben ein geeigneter Lebensraum sein.

Abb. 50: Das vollständig überfugte Mauerwerk der Einfriedung von Burg Waischenfeld zeigt auch in der Vegetationsperiode kaum Bewuchs mit Gefäßpflanzen. Foto: Ursula Drewello

Abb. 51: Turm der Giechburg: Der Totalverputz verhindert jegliche Wiederbesiedlung. Foto: Christian Strätz

Fazit: Bei der Umsetzung naturverträglicher Instandhaltungen sollte von einer vollständigen Neuverfugung von historischem Quadermauerwerk aus Gründen der Substanzerhaltung und des Naturschutzes abgesehen werden. Im Einzelfall kann eine Verfugung aber unumgänglich sein. Beispiele sind übermäßig breite Fugen oder instabiles, kleinteilig zusammengesetztes Bruchsteinmauerwerk. Verfugungen sind auch erforderlich, wenn Austauschsteine versetzt oder Passstücke angefügt werden müssen oder statisch bedenkliche Mauerwerksabschnitte zu stabilisieren sind. Falls aus Gründen der Bauwerkserhaltung flächenhaft verfugt werden soll, sind an den Fugmörtel besondere Anforderungen zu stellen:

a) Bei der Reinigung des Fugennetzes und der angrenzenden Quaderkanten ist mit besonderer Sorgfalt vorzugehen. So sollte das Ausblasen der Fugen mit Sandstrahlgebläsen oder Hochdruckreinigern grundsätzlich unterbleiben.

b) Um Feuchtigkeit nach außen abgeben zu können und den Einbau einer Feuchtesperre zu vermeiden, sollte der Mörtel diffusionsoffen eingestellt sein und über eine ausreichende Wasserleitfähigkeit verfügen. Zementarmer Kalkmörtel ist zu bevorzugen, Zusätze von kunststoffhaltigen Dispersionen zu vermeiden.

c) Weiterhin sollte der Mörtel zur Reduzierung von Schäden an den Gesteinsflanken zwar eine geringere Festigkeit als der angrenzende Werkstein haben, aber dennoch eine ausreichende Haftzug- und Witterungsfestigkeit besitzen. Gute Erfahrungen liegen für hydraulische Kalkmörtel vor.

d) Für die Arterhaltung sind die Fugenmassen so hart wie nötig, aber so weich wie möglich einzustellen.

e) Die Fugmasse sollte grundsätzlich keine bioziden Zusätze enthalten.

f) Steht eine Sanierung ganzer Abschnitte wie beispielsweise der Mauerkronen an, empfiehlt es sich, das aufliegende Pflanzenmaterial und den Fugeninhalt mit darin enthaltenen Tieren umzusetzen.

5.3 Umgang mit Fehlstellen

Vor jeder notwendigen Instandhaltung des Werksteinbestands muss der Bewuchs entfernt und der Untergrund zur Gewährleistung einer qualitätvollen Maßnahme zusammen mit der angrenzende Umgebung gereinigt und für die Reparaturarbeiten vorbereitet werden. Dazu können strukturelle Festigungen oder das Ausspitzen und die Abnahme von Werksteinquadern gehören. Fehlstellen oder Risse im Mauerwerk sollten nur repariert werden, wenn es im Sinne schadensvorbeugender Eingriffe unumgänglich und die Wasserführung am Bauwerk nicht mehr intakt ist. In diesem Fall haben denkmalpflegerische Aspekte Vorrang. Sind keine Folgeschäden zu erwarten oder kommen seltene Tier- und Pflanzenarten in einer Fehlstelle oder der näheren Umgebung vor, ist von einer Reparatur abzusehen. Dann genießen diese Bereiche als Ökonischen besonderen Schutz.

Größere Mauerlücken sollten durch werksteingerechte Restaurierungen geschlossen werden, wenn ein Abrutschen des Steinverbunds, das Ausbrechen von Mauerkanten oder ein Zusammenstürzen der Konstruktion zu befürchten ist. Als Ersatzmaterial empfiehlt sich gleichwertiger oder identischer Werkstein bzw. der Einbau von Ersatzmaterialien mit ähnlichen bauphysikalischen Eigenschaften. Falls nur Anstückungen oder kleinere Reparaturen anfallen und kein vollständiger Austausch (Steinaustausch) erforderlich ist, sind lotrechte Passstücke aus Naturstein einzusetzen (Steinvierung). Das Ersatzmaterial sollte dabei in jedem Fall in Aussehen und Eigenschaft dem ursprünglichen Gestein nahekommen. Soweit möglich, sollte man Ersatzgestein aus der näheren Umgebung oder zweitverwendetes Abbruchmaterial mit patinierten Ansichtsflächen verwenden.

Zur Ausbesserung kantiger Abbrüche oder wenn durch Fehlstellen nachteilige Folgen für die Wasserführung oder weitere Folgeschäden zu erwarten sind, können unter Umständen auch mineralische Steinersatzmassen eingesetzt werden. Die Ersatzmasse sollte in ihrem Aussehen und ihren Materialeigenschaften dem ursprünglichen Gestein ähnlich sein und keine bioziden Zusätze enthalten. Auf Diffusionsoffenheit und eine dem Gestein vergleichbare kapillare Wasseraufnahme ist zu achten. Sämtliche Maßnahmen in Zusammenhang mit Ergänzungsmassen sollten auf ein absolutes Minimum und die unmittelbare Reparaturstelle beschränkt bleiben. Eine Ausdehnung der Arbeiten auf das angrenzende Fugennetz oder dessen Überbrückung mit Ersatzmassen ist zu vermeiden.

5.4 Die Behandlung von Werksteinoberflächen

Steinkonservierung

Die Bohrhärteprüfungen und die begleitende Messung der Wasseraufnahme des Sandsteins an der Giechburg und der Festung Rosenberg haben ergeben, dass das Gestein nur vereinzelt und lokal an der Oberfläche eine Abreicherung an Bindemittel aufweist. An den nach Süden ausgerichteten Flächen in Kronach ist die Grenzfläche aufgrund der Einlagerung von Kalziumcarbonaten sogar verdichtet (Drewello & Schmiedinger 2008). Die nachträgliche Zementation des an sich karbonatfreien Sediments beruht auf den bereits beschriebenen Mechanismen sekundärer Lösungs- und Transportvorgänge, die zu einer biogen induzierten Karbonatisierung der Oberflächen geführt haben. Durch den Schutzeffekt der biogenen Beläge wurde zudem die natürliche Rückwitterung abgemildert, sodass Festigungen grundsätzlich infrage zu stellen sind. Im Falle einer Festigung des Sandsteins mit siliziumorganischen Verbindungen würde erschwerend hinzukommen, dass erdberührendes Mauerwerk über eine beträchtliche, meist über die gesamte Höhe verteilte hohe Grundfeuchte verfügt, die zu einem raschen Abreagieren der Chemikalien führen und einer Schalenbildung Vorschub leisten würde. Auch die Festigung von Kalksteinen, die als Mauerquader im Außenbereich verbaut sind, ist nicht sinnvoll. Das vorherrschende Schadensbild ist die Zerscherbung der Quader und geht auf den Einbau nicht frostbeständigen Massenkalks zurück. Die einzigen Reparaturoptionen sind der Steinaustausch oder das Einsetzen von Kunststein.

Aus den genannten Gründen ist die strukturelle Festigung der Gesteine nur in begründeten Einzelfällen anzuwenden. Partielle Festigungen könnten bindemittelarme Quaderkanten, absandende Rissflanken oder entfestigte Oberflächen von Sandstein mit (bau-) historisch bedeutsamen Informationen betreffen (Inschriften, Steinmetzzeichen, Markierungen, bildhauerische Details). Der Maßnahmenbedarf sollte im Vorfeld abgesteckt werden.

Schalensicherung

Schalenbildung war sowohl an den untersuchten Sandsteinen als auch an den Kalksteinen nachzuweisen, wobei sämtliche Sandsteinvarietäten bei südlich exponierten Flächen bevorzugt betroffen waren. Die Formierung einer Schale setzt ein, wenn die Gesteinsoberfläche härter ist als die darunter liegende Gesteinsmatrix. Dies kann gesteinsbedingte Ursachen haben und im Rückwitterungsverhalten der jeweiligen Varietät (Sandstein) oder Fazies (Kalkstein) begründet sein. Auch die Formierung eines verfestigenden Kalziumkarbonathorizonts an der Oberfläche des Kronacher Sandsteins

in Kombination mit der thermischen Belastung durch Sonneneinstrahlung kann bei der Schadensgenese eine Rolle spielen. Biogener Bewuchs als alleiniger Auslöser von Schalenbildungen ist nach dem bisherigen Kenntnisstand auszuschließen. Ausschlaggebend scheint die Expositionsabhängigkeit der Varietät oder Fazies zu sein.

Zur Fixierung abgängiger Schalen mit (bau-)historisch bedeutsamen Informationen oder präzise erhaltenen originalen Oberflächen ist der Untergrund ohne Rücksichtnahme auf den biologischen Bewuchs zu reinigen und von fachlich versierten Spezialisten zu fixieren. Für die anschließend einzubringenden Kleber oder Hinterfüll- und Anböschmörtel gelten dieselben Auflagen, die bei den Steinersatz- und Fugmassen angesprochen wurden.

5.5 Pflegekonzepte

Grundlage für eine erfolgreiche und auch in der Öffentlichkeit akzeptierte naturverträgliche Sanierung ist das Erstellen eines langfristig angelegten Pflegekonzepts. Dabei ist von Bedeutung, dass man das Bauwerk und sein Umfeld als Einheit und nicht getrennt nach Gewerken oder administrativen Zuordnungen behandelt. Eine Separierung der Einzelaspekte und eine Aufteilung in Bereiche, für die nur der Landschafts- und Naturschutz oder nur die Denkmalpflege zuständig ist, hebt das ganzheitliche Pflege- und Erhaltungskonzept auf.

Die Einbindung der an die Mauerflächen angrenzenden Grünflächen und des Mauerfußes muss bei der Projektierung naturverträglicher Sanierungen integraler Bestandteil des Pflegeplans sein. Allen Fachkräften, die mit Pflegemaßnahmen oder restauratorischen Aufgaben betraut sind, sollte darüber hinaus ein fortlaufend aktualisiertes und von den Landschafts- und Naturschutzverbänden erarbeitetes Schulungskonzept angeboten werden, das in die naturverträgliche Pflege einführt. Umgekehrt sollten die Pflegekräfte der Städte, Kommunen, Gemeinden und Verbände aufgefordert werden, sich beim Umgang mit historischen Kulturdenkmälern über die Prinzipien der Denkmalpflege zu informieren. Zur Vermittlung hat es sich auch bewährt, Fremdenführer und die Verantwortlichen von Touristikzentralen zu den Schulungen einzuladen und sie zu Multiplikatoren für Besucher historischer Anlagen zu machen.

Eine grundsätzlich zu begrüßende Option ist die adäquate Präsentation der Ergebnisse des gemeinsamen Vorgehens, sei es in Form von Broschüren, Ausstellungen, der Einrichtung von Besuchs- und Wanderwegen oder gezielten Führungen, die erfahrungsgemäß den größten Erfolg mit sich bringen. Dass ein derartiges Vorgehen Zeichen setzen kann, zeigen die

Erfahrungen, die in Kronach dank der Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, der Mitwirkung des Bayerischen Landesamts für Denkmalpflege und der Landschafts- und Umweltschutzverbände, vertreten durch die Ökologische Bildungsstätte Mitwitz, gemacht wurden.

6 Pflege der Mauer und der vorgelagerten Grünflächen

Andreas Schmiedinger, Matthias Hammer, Andreas Zahn, Christian Strätz, Stefan Beyer

6.1 Umgang mit Gehölzen

Wenn Bäume im Mauerverbund wachsen, ist grundsätzlich mit Schäden zu rechnen. Besonders das sekundäre Dickenwachstum der Gehölze wirkt sich negativ aus und führt bei Mauern mit einer Höhe bis zu vier Metern zu irreversiblen Verformungen, Ausbauchungen und Druckspannungen, die aus der Sicht der Denkmalpflege nicht akzeptabel sind. Einwachsende Gehölze vereiteln zudem das ökologische Ziel einer nicht beschatteten, trockenwarmen Mauer, deren günstiges Mikroklima vielen wärme- und trockenheitsliebenden Tierarten, wie Wildbienen und Ameisen, einen Lebensraum verschafft. Eine frühzeitige Entfernung der Hölzer ist unumgänglich, wenn man ein trockenwarmes Biotop anstrebt.

Für die praktische Umsetzung empfiehlt es sich, die Mauerfugen in einem Turnus von zwei bis drei Jahren nach Baumsämlingen abzusuchen und diese samt der Wurzel zu entfernen. Größere Exemplare müssen möglichst während der Vegetationszeit von Fachkräften bis zur Mauer zurückgeschnitten werden, sodass das Absterben schneller erreicht wird. Da abhängig von der Baumart das erneute Austreiben in den folgenden Jahren zu erwarten ist, muss das Verfahren wiederholt werden, bis sich der erwünschte Erfolg einstellt (Abb. 52).

Abb. 52: Bäume müssen frühzeitig entfernt werden. Das Dickenwachstum schädigt den Mauerverbund. Fotos: Andreas Schmiedinger

Haben sich geschützte und seltene Baumarten bereits an einer Mauer etabliert, sollten auch modifizierte Vorgehensweisen im Einzelfall vor Ort diskutiert werden. In diesem Kontext ist die unter natürlichen Gegebenheiten seltene Eibe (*Taxus baccata*) zu erwähnen, die insbesondere an Burgmauern vermehrt vorkommt. Da an freistehenden Bauwerken ohne Erdkontakt oberhalb des Mauerfußes keine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung gewährleistet ist, können Eiben auch in der Regel nicht zu großen Exemplaren mit hohem Schädigungspotenzial heranwachsen. Aufgrund ihres langsamen Wachstums sind auftretende Schäden mithilfe eines kontinuierlichen Pflegekonzeptes rechtzeitig zu erkennen und zu beheben.

Es sollte nicht unerwähnt bleiben, dass vor dem Mauerwerk wurzelnde Bäume durchaus zu einer Erhöhung der Biodiversität am Ensemble „Natursteinmauer“ beitragen können. In diesem Zusammenhang weist Hässlein (1966) auf die besondere Bedeutung von moosreichen Methusalembäumen und liegendem Totholz für Landschnecken hin. Derartige Strukturen sollten, soweit nicht Belange der Verkehrssicherung, ästhetische Gründe oder ähnliches dagegen sprechen, belassen werden. Das gleiche gilt für Gehölzbestände in Burggräben, wobei eine stellenweise Erhaltung als ausreichend erachtet wird.

6.2 Umgang mit Efeu

Efeu (*Hedera helix)* ist eine immergrüne Liane, die in Laubwäldern je nach klimatischen Bedingungen am Boden oder an Bäumen wachsende Formen ausbildet (Dierschke 2005). Efeu findet sich nicht nur in Laubwäldern, sondern häufig an historischem Mauerwerk, nicht zuletzt, weil er aus romantischen oder gestalterischen Gründen bewusst angepflanzt wurde (Abb. 53). Die senkrechten Quader- oder Bruchsteinmauern sind für die Pflanze eine ideale Klettergrundlage. wobei der Wurzelkletterer mithilfe seiner sprossbürtigen Haftwurzeln Höhen bis zu 30 Meter überwinden kann (Gunkel 2004). Dabei stellen nach Bruhn (1910, zit. in Althaus 1987) Lichtmangel und Feuchtigkeit die wichtigsten Voraussetzungen für die Bildung von Haftwurzeln dar. Die Verankerungsorgane ziehen sich in dunklere Mauerbereiche wie Fugen oder Fehlstellen zurück. Über die Haftwurzeln erfolgt keine Nährstoff- und Wasseraufnahme, sie dienen lediglich der Verankerung der Pflanze. Laut Hegi (1926) sind die Haftwurzeln als Hemmungsbildungen gemeiner Bodenwurzeln aufzufassen, welche sich im frühen Stadium wieder zu Nährwurzeln umwandeln können (siehe dazu auch Gunkel 2004). Eine chemische Beanspruchung des Untergrundes durch Wurzelausscheidungen ist nicht zu erwarten.

Abb. 53: Mächtiger Efeustamm an einer Südwestmauer der Burg Haineck in Thüringen. Foto: Andreas Schmiedinger

Da Efeu nur oberflächlich aufsitzt, stellt er für intaktes Quader- und Bruchsteinmauerwerk keine Gefährdung dar. Dies gilt in der Regel auch für das Dickenwachstum. Eine Verdickung des Stammes wird vor der Mauer bzw. an dieser anhaftend erfolgen und somit keine sprengende Wirkung des Mauerwerkes zur Folge haben. In Abbildung 53 ist ein Efeustamm mit erheblichem Umfang gezeigt, der trotz Instandsetzungen an der Südwestmauer der Burg Haineck in Thüringen erhalten wurde.

Dagegen trifft man häufig auf Efeupflanzen, die nicht das herkömmliche Erscheinungsbild einer im Boden wurzelnden Pflanze mit anschließenden oberirdischen Sprossteilen zeigen. Es gibt Exemplare, die mehr oder weniger weit über der Bodenoberfläche mitten im Mauerverband wurzeln. Meist sind diese Wuchsformen durch menschliche Eingriffe entstanden und die Folge unvollständiger Entfernungsmaßnahmen. Das dadurch induzierte beliebig in der Mauer einsetzende Wurzelwachstum kann Risse und Spalten erheblich vergrößern und Gesteinsverschiebungen verursachen (Hager 1910; Zeller 1906). Ermöglicht wird dieser Vorgang durch die erstaunliche Umbildung der Haftwurzeln in Nährwurzeln. Laut Hegi (1926) sind die Haftwurzeln als Hemmungsbildungen gemeiner Bodenwurzeln aufzufassen, welche sich im frühen Stadium wieder zu Nährwurzeln umwandeln können (siehe dazu auch Gunkel 2004). Beispiele hierfür finden sich an der Stadtmauer von Oberwesel (Abb. 54), der Burg Schönburg in Oberwesel, der Burg Bodenlauben bei Bad Kissingen (Abb. 55), der Neuenburg bei Freyburg, der Forchheimer Stadtmauer (Abb. 56) und der Festung Rosenberg (Abb. 57).

Abb. 54: Efeu wurzelt in der Stadtmauer von Oberwesel. Bei guter Nährstoffversorgung der Pflanze ist mit Verschiebungen im Mauerverbund zu rechnen. Foto: Andreas Schmiedinger

Abb. 55: Efeu an einer Mauer der Burg Bodenlauben bei Bad Kissingen. Bei guter Nährstoffversorgung der Pflanze ist mit Verschiebungen im Mauerverbund zu rechnen. Foto: Andreas Schmiedinger

Abb. 56: Efeu wurzelt in der Mauerkrone der Stadtmauer von Forchheim. Der Stamm wurde vor mehreren Jahren zur Verlegung einer Bitumenbahn gekappt. Foto: Andreas Schmiedinger

Abb. 57: Efeu wächst in einer offenen Fuge an den nördlichen Vorwerken der Festung Rosenberg. Foto: Andreas Schmiedinger

Zur Bewertung des Schädigungspotenzials von Efeu wurden an der Festung Rosenberg vergleichende Untersuchungen durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass Mauerquader aus Sandstein, die 1998 von der Pflanze befreit worden waren, einen vergleichbaren Erhaltungszustand aufwiesen, wie unmittelbar benachbarte, frei exponierte Quader. Es war auch kein Unterschied zu den noch von Efeu überdeckten Oberflächen festzustellen. Ein ähnliches Bild ergab die Schadenskartierung am Untersuchungsfeld der Burg Waischenfeld. Die östlich exponierte Kalksteinmauer ist teilweise von Efeu überwachsen, in neun von zehn untersuchten Teilflächen (40 x 40 cm) konnten keinerlei Schäden oder Rückwitterungsunterschiede festgestellt werden. Lediglich an einer Fläche wuchs ein Zweig in schadhaftes Mauerwerk ein und verstärkte den Schadensprozess (Abb. 58).

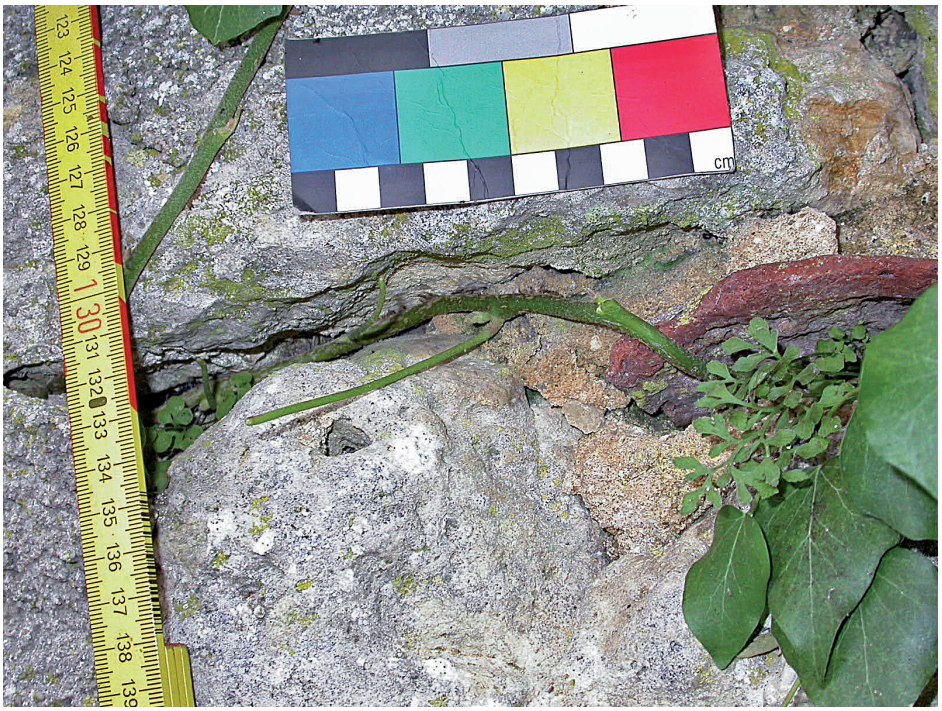

Abb. 58: Nur an einer der zehn untersuchten Teilflächen wächst Efeu u-förmig in die Mauerspalte ein. Der Zweig dient der Verankerung. Das sekundäre Dickenwachstum wird von dem stabilen Mauerverbund beschränkt.
Foto: Andreas Schmiedinger

Um die Auswirkung des Klettergewächses auf den Untergrund und die begleitende Flora und Fauna auf eine breitere Basis zu stellen, wurden 16 weitere Wehranlagen in fünf Bundesländern begangen. Dabei ergab sich, dass an 80 % der Objekte das Schadenspotenzial des Efeus als moderat bis gering einzustufen ist, während bei 20 % eine schädigende Wirkung zu registrieren war.

Die Einschätzung des Schadenspotenzials erfolgte nach vier Kategorien (Tabelle: Abb. 59):

gering: Die Pflanzen wurzeln im Boden, das Mauerwerk ist intakt.

moderat: Die Pflanzen sind teilweise durchtrennt, das Mauerwerk ist intakt oder stabil (Quadermauerwerk), Schäden sind eher im Mauerkronenbereich zu erwarten.

hoch: Weniger als die Hälfte der Pflanzen verursachte Schäden am Mauerwerk.

sehr hoch: Mehr als die Hälfte der Pflanzen verursachte Schäden am Mauerwerk.

Burg	Bundesland	Art der Mauer	Gesteinsart	Schadens-potenzial
Forchheim	Bayern	Quader	Sandstein	moderat
Waischenfeld	Bayern	Bruchstein	Kalkstein	gering
Rosenberg	Bayern	Quader	Sandstein	moderat
Giechburg	Bayern	Bruchstein/Quader	Kalkstein	gering
Rabenstein	Bayern	Bruchstein	Kalkstein	gering
Rabeneck	Bayern	Bruchstein	Kalkstein	gering
Bodenlauben	Bayern	Bruchstein/Quader	Kalkstein	sehr hoch
Ebersburg	Hessen	Bruchstein	Phonolith	moderat
Oberwesel	Rheinland-Pfalz	Bruchstein	Schiefer	hoch
Schönburg	Rheinland-Pfalz	Bruchstein	Schiefer	sehr hoch
Rheinberg	Rheinland-Pfalz	Bruchstein	Schiefer	hoch
Mainz	Rheinland-Pfalz	Bruchstein/Quader	Kalk-/Sandstein	moderat
Wittenberg	Sachsen-Anhalt	Bruch-/Lesesteine	diverse	moderat
Neuenburg	Sachsen-Anhalt	Bruchstein	Kalkstein	moderat
Rabenstein	Sachsen	Bruchstein	Schiefer/Porphyr	moderat
Haineck	Thüringen	Bruchstein	Kalkstein	moderat
Rudelsburg	Thüringen	Bruchstein/Quader	Kalkstein	gering
Wachsenburg	Thüringen	Bruchstein/Quader	Kalk-/Sandstein	gering
Greifenstein	Thüringen	Bruchstein	Kalk-/Sandstein	gering
Niederburg	Thüringen	Bruchstein	Kalkstein	gering

Abb. 59: Wuchsverhalten von Efeu (*Hedera helix*) an 20 Burgen in fünf Bundesländern. Die Einschätzung des Schadenspotentials erfolgte nach vier Kategorien. Tabelle Andreas Schmiedinger

Dem Efeu ist demnach nicht generell eine die Korrosion von Sand- und Kalksteinmauern beschleunigende oder den Mauerverbund zerstörende Wirkung zuzuschreiben. Negative Auswirkungen durch Wurzelwachstum sind von der Beschaffenheit des Untergrunds abhängig. Nur im Mauerkronenbereich sind aufgrund der exponierten Lage durch Efeu verursachte Hebungen möglich. In den mittleren und unteren Mauerbereichen verhindert die Auflast der Mauerquader Verformungen. Bei intaktem Quader- oder Bruchsteinmauerwerk findet man kaum Schäden durch Efeubewuchs. Auf die prinzipiell substanzsichernde Wirkung der Pflanze sei noch ausdrücklich hingewiesen: Die korsettartige Wirkung des verzweigten Klettergewächses kann kleinteiliges, gelockertes Bruchsteinmauerwerk sehr effektiv stabilisieren (vgl. auch Arbeitskreis Fassadenbegrünung 2000).

Die eigenen Untersuchungsergebnisse korrelieren mit älteren Untersuchungen. So führt Hager (1910) Belege für Schädigungen durch Efeu an, welche meist auf bereits vorgeschädigte oder sehr feuchte Mauern beschränkt bleiben. Zum Vergleich beschreibt er detailliert viele Beispiele für das nichtschädigende Wuchsverhalten in ganz Deutschland, u. a. an der Nürnberger Stadtmauer, an welcher ehemals mit Efeu bedeckte Abschnitte besser erhalten gewesen sind, als nicht bewachsene Bereiche. In einer neueren Arbeit wird ebenfalls die schützende Wirkung von Efeu an Mauern postuliert (Kiessl & Rath 1996).

Im Hinblick auf Fauna und Flora und ihren Auswirkungen auf den Untergrund übernimmt der Efeu eine besondere Schutzfunktion, denn er unterbindet die Ansiedelung und das Austreiben der weitaus stärker schädigenden Gehölze innerhalb des Fugennetzes. Dass die Pflanze eine förderliche Wirkung auf die Fauna haben kann, unterstreicht die positive Entwicklung der Fels- und Waldschneckenpopulationen, auf die in Kapitel 4.1 hingewiesen wurde. Dennoch sollte diese Schutzwirkung nicht zu einer flächigen Begrünung verleiten: Denn für Schnecken gut geeignete Lebensbedingungen wirken sich beispielsweise negativ auf wärmeliebende Spinnentiere aus, deren Aktivität und Vielfalt unter zu starker Beschattung leidet. Aus ökologischen Gründen ist deshalb die Erhaltung ausgewogener Efeubestände als Rückzugsbereich für schattenliebende Arten durchaus ausreichend.

Fazit: Der im Boden am Mauerfuß wurzelnde und am Gestein anhaftende Efeu stellt keine ernsthafte Gefahr für Natursteinmauerwerk dar (Abb. 60). Eine jährliche Kontrolle des Wachstumsverhaltens besonders des Mauerkronenbereiches ist jedoch angebracht. Keinesfalls sollte man die Pflanze grundsätzlich von Mauern verbannen. Dafür stehen den möglichen Nachteilen zu viele Vorteile gegenüber:

a) Minderung von Temperaturschwankungen an der Maueroberfläche und Kompensierung von UV-Strahlung (Gunkel 2004),

b) generelle Schutzwirkung für die Gesteinsoberfläche,

c) Schadstoffe absorbierende Wirkung des Bewuchses (Minderung der Schwefeldioxidkonzentration), auf die Kiessl & Rath (1996) hinweisen.

Aus naturschutzfachlicher Sicht ist darüber hinaus zu betonen, dass die Beeren des Wurzelkletterers in den Monaten Februar bis April reifen und im Winter und Frühjahr Vögeln als Nahrung dienen (Schmidt 1996), was immerhin rund 14 Vogelarten (z. B. Amseln, Mönchgrasmücken und Gartenrotschwänze) nutzen (Turcek 1961). Metcalfe (2005) gibt einen umfassenden Überblick über die Ökologie des Efeus und die Vielzahl der faunistischen Arten der immergrünen Pflanze in Großbritannien, die für das Überleben von Bienen, Schmetterlingen, Wespen, Spinnen und Schwebfliegen von Vorteil ist.

Abb. 60: Efeu wurzelt am Mauerfuß einer ostexponierten Mauer (Burg Waischenfeld). Foto: Andreas Schmiedinger

6.3 Umgang mit dem Mauerfuß

Unmittelbar am Mauerfuß siedeln sich in der Regel besonders wertvolle und erhaltenswerte Kleinlebewesen an, die Kleinstrukturen bilden und mikroklimatische Ausgleichsfunktion übernehmen. Wechseln sich offene und beschattete Mauerfußbereiche ab, sind u. a. arten- und individuenreiche Schneckenvorkommen anzutreffen. Spinnen und Weberknechte entwickeln sich gerade dort und verfügen über eine Vielzahl von Rückzugsmöglichkeiten (Abb. 61). Aus diesem Grund sollte der Mauerfuß nur extensiv genutzt werden oder zumindest eine etwa zwei Meter breite Übergangszone als Brachstreifen erhalten. Dieser Hochstaudensaum ist zur Verhinderung einer übermäßigen Ansiedlung von Gehölzen im Zeitabstand von drei bis fünf Jahren abschnittsweise zu mähen. Teilbereiche sollten jedoch durch Efeu oder Sträucher beschattet bleiben. Ausdrücklich ist von häufig gemähtem Zierrasen bis an den Mauerfuß der Anlage abzusehen. Durch Beigabe von Feinerde werden die ursprünglich versteckreichen Skelettböden zusätzlich entwertet. Am Mauerfuß vorhandener Gesteinsschutt sollte auch erhalten bleiben, bietet er doch vorzügliche Deckungsmöglichkeiten und dient als Sonderstruktur zur Erhaltung seltener Arten. Von einer Versiegelung ist auch am Mauerfuß dringend abzuraten.

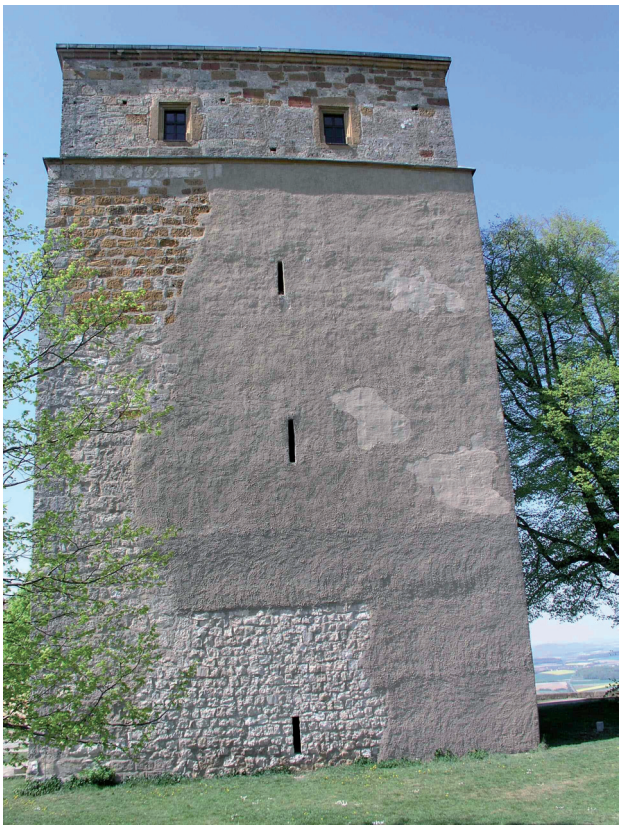

Abb. 61: Fehlende Beschattung und Rasenpflege bis an den Mauerfuß verwehren Schutz- und Rückzugsmöglichkeiten. Foto: Christian Strätz

6.4 Umgang mit der Mauerkrone

Blütenreiche, Offenbodenbereiche aufweisende und sonnenexponierte Mauerkronen stellen einen wertvollen Lebensraum für Tiere (z. B. Wildbienen) dar. Der Schattenwurf durch aufwachsende Bäume ist in diesem Kontext als negativ zu bewerten. Wurzeln von Bäumen im Bereich der Mauerkrone können in die Auffüllung zwischen Sichtquaderschale und Schwergewichtsmauer eindringen und sind deshalb wie erwähnt zu entfernen. Auf eine Versiegelung der Mauerkrone mit Beton oder ähnlichen anorganischen Bindemitteln ist zu verzichten, da u. a. die meisten Wildbienen auf der Mauerkrone in der Erde nisten. Es ist darauf zu achten, den vorhandenen Oberboden während der Rodung oder anderen Sanierungsarbeiten soweit möglich in Soden zwischenzulagern und nach Beendigung der Arbeiten wieder auf den ursprünglichen Bereichen auszubringen (vergl. Brandes 1987a, 1992, 1996, Bössneck & Schikora 1998). Dadurch sind gute Voraussetzungen für die Wiederansiedelung des ursprünglichen Arteninventars gegeben.

Offen exponierte Mauerkronen können im günstigsten Fall, bei einer sehr engen Verzahnung mit natürlichen Kalk- und Dolomitenfelsen, eine Landschneckengemeinschaft beherbergen, deren natürliche Vorkommen im Bereich von Felsenköpfen liegen. Da die Mauerabschnitte im Alltag häufig durch mechanische Belastungen oder Nutzung (Tritt, Aufstützen, Lagerfeuer etc.) entwertet sind, sollten bereichsweise Abzäunungen erwogen werden, einige Abschnitte möglichst unversiegelt bleiben und besiedeltes Material vor einer Instandsetzung fachkundig entnommen und sachgerecht zwischengelagert werden. Nach Abschluss der Restaurierung können eine Substratschicht und die entnommenen Vegetationspolster in Teilbereichen wieder ausgebracht werden.

6.5 Umgang mit vorgelagerten Grünflächen

Wildbienen und eine Vielzahl anderer Tierarten sind auf ein reichhaltiges Blütenangebot als Nahrungsgrundlage angewiesen. Entsprechend sind vorgelagerte Grünflächen von großer Bedeutung für die Artenvielfalt. Eine häufige Mahd dieser Flächen und die damit einhergehende drastische Verringerung des Nahrungsangebotes wirken sich schnell negativ aus. So konnte ein deutlicher Artenrückgang bei fast allen Stechimmenfamilien festgestellt werden. Um die Arten- und Individuenvielfalt der Flora und der Fauna zu fördern, ist es daher notwendig, den vorgelagerten Grünlandbereich nur ein bis zweimal jährlich zu mähen und das Mahdgut anschließend abzufahren.

6.6 Umgang mit Fledermäusen

Spalten und Hohlräume im Mauerwerk werden von Fledermausarten im Sommer und im Winter als Quartier genutzt (vgl. Kap. 3). Bei der Sanierung von Mauerwerk muss deshalb ganzjährig mit der Anwesenheit der Tiere gerechnet werden. Bei Instandhaltungen der Baukonstruktion sollten deshalb nicht nur die Quartiere der geschützten Arten geachtet, sondern auch die Tötung der Tiere im Quartier (z. B. beim Verschluss von Spalten) vermieden werden. Zu beachten ist, dass Fledermäuse auch von Maßnahmen betroffen sein können, wenn ihre Quartiere nicht unmittelbar gefährdet sind. So werden bei Herbizidbehandlung auch die in Spalten verborgenen Fledermäuse beeinträchtigt. Auch Maßnahmen zur Trockenlegung des Mauerwerks können sich negativ auf das Quartierklima und die Eignung als Winterquartier auswirken (Verringerung der Luftfeuchtigkeit in Gewölben). Aus diesen Gründen sollte bereits im Vorfeld von Baumaßnahmen über die zuständigen Naturschutzbehörden Kontakt zu Experten aufgenommen werden. Auch eine direkte Kontaktaufnahme mit den Koordinationsstellen für Fledermausschutz ist möglich (Adressen im Anhang).

Gesetzliche Situation: Da die Bestände der heimischen Fledermausarten (in Bayern sind bisher 24 Arten nachgewiesen) in den letzten Jahrzehnten aufgrund von Quartierverlusten, Vergiftung durch Holzschutzmittel und einem verringerten Nahrungsangebot stark zurückgegangen sind, stehen sie alle nach der Bundesartenschutzverordnung unter strengem Schutz. Der Gesetzgeber verpflichtet die Eigentümer von Fledermausquartieren die Tiere und ihre Wohnstätten bei Bau- und Sanierungsmaßnahmen zu beachten und die Arbeiten auf sie abzustimmen. Dies ist im Hinblick der Standorttreue der Fledermäuse von Bedeutung, die jedes Jahr zu ihren angestammten Sommer- und Winterquartieren zurückkehren. Der Schutz umfasst die Tiere selbst, die nicht gestört, gefangen, verletzt oder getötet werden dürfen, sowie ihre Quartiere. Letztere dürfen nicht beschädigt, zerstört, verschlossen oder auf andere Art beeinträchtigt werden (§ 42 BNatSchG). Dabei sind ausdrücklich auch Quartiere an und in Gebäuden eingeschlossen, da ein Großteil der Fledermäuse ihre Verstecke bevorzugt in Dachböden und Mauerfugen, hinter Fensterläden oder in Kellern suchen.

Sind Fledermausquartiere von einer Maßnahme betroffen, ist eine spezielle artenschutzrechtliche Prüfung (saP) erforderlich, in der die Auswirkungen auf den Fledermausbestand untersucht werden. Im Zuge einer solchen Erfassung sind vor einer Sanierung folgende Begehungen einzuplanen:

a) Inspektion von Wehrgängen, Kasematten usw. im Winterhalbjahr (Erfassung winterschlafender Tiere, zweimalige Begehung).

b) Erfassung während der Schwärmzeit (August bis Oktober; dreimalige Begehung oder automatische Lautaufzeichnung).

c) Erfassung während der Wochenstubenzeit (Juni bis Juli; dreimalige Begehung).

d) Inspektion der von der Maßnahme betroffenen Bauabschnitten (Indiziensuche, gegebenenfalls erst nach der Gerüststellung).

Für zahlreiche historische Bauwerke liegen – beispielsweise für Bayern – umfangreiche Artenschutzkartierungen (ASK) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) vor, auf die bei der Beurteilung anstehender Sanierungsmaßnahmen zurückgegriffen werden kann.

Erhaltung der Quartiere: In den von Fledermäusen zur Überwinterung genutzten Räumen (Winterquartiere) sollten möglichst zahlreiche Spalten und tiefe Klüfte erhalten bleiben. Wenn dies aus statischen oder anderen baulichen Gründen nicht möglich ist, sind Ersatzmaßnahmen zur Kompensation der verlorenen Verstecke einzukalkulieren (siehe Abb. 62).

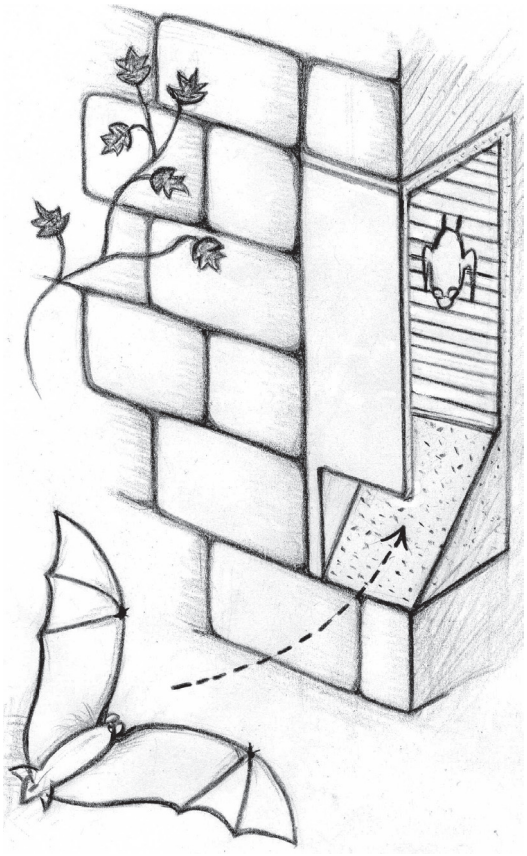

Abb. 62: Prinzip eines sich selbst reinigenden Fledermausquartiers in einer Mauer. Die Kästen sind normiert und können bei Sanierungen auch als Kompensationsmaßnahme für unvermeidbare Verluste an Spalten und Ritzen eingebaut werden. Zeichnung: Esther Schmitt

Durch die Anwesenheit der Tiere sind im Winter keinerlei Schädigung des Mauerwerks oder seine Verschmutzung zu befürchten, da Fledermäuse nicht am Verputz kratzen und im Winter kaum Kot oder Urin abgeben. Nutzen Fledermäuse Spalten und Hohlräume während des Sommerhalbjahres (Sommerquartiere), geben sie Kot und Urin ab. Im Falle der Besiedelung durch größere Gruppen können die Fäkalien durchaus gravierende Schäden an Putzen und Anstrichen hervorrufen. Deshalb sollte bei der Sanierung darauf geachtet werden, den Einschlupf ins jeweilige Quartier so zu gestalten, dass Kot und Urin nach außen abgeleitet werden.

7 Exemplarische Kostenermittlung an der Festung Rosenberg

Jürgen Oehm

Zur Abschätzung der für die unterschiedlichen Instandhaltungen tatsächlich anfallenden Kosten, wurde der Aufwand für die innerhalb des Großversuchs im Jahr 2001 durchgeführten Testfelder am Waffenplatz Philipp ermittelt. Zum Zeitpunkt der Durchführung ergaben sich für die jeweiligen Maßnahmenkataloge Kostenansätze, aus denen sich die Unterschiede der Restaurierungsvarianten ableiten ließen. Die in Euro angegebenen Kosten sind Beträge, die auf die restaurierte Mauerfläche bezogen und in Quadratmetern angegeben sind (EUR/m²):

Option 1: Naturverträgliche Restaurierung

Maßnahmenkatalog:

- Belassen von Moosen, Flechten, Kräutern und Gräsern
- Belassen eines zwei Meter breiten Brachstreifens am Mauerfuß
- Humusschicht der Mauerkrone abnehmen, einlagern und wieder aufbringen
- Verkleben von Rissen mit Epoxidharz
- Festigung abschuppender Oberflächen mit wässriger Kieselsäuredispersion
- Schließen von Rissen mit Mörtel auf der Basis vorhydrolysierter Kieselsäure
- Steinersatz – Steinergänzungsmörtel auf der Basis vorhydrolysierter Kieselsäure
- Abziehen des Fugenmörtels bis zur Steinkante

Die Kosten für das Sanierungskonzept mit einem ca. alle zwei Jahre erforderlichen Pflegeabstand belaufen sich auf 133, 50 EUR/m².

15 x Pflege auf 30 Jahre à 2 EUR/m² sowie ca. 5 % Preissteigerung alle zwei Jahre ergibt rund 47,00 EUR/m².

Somit können **181,00 EUR/m²** kalkuliert werden.

Option 2: Konventionelle Sanierung

Maßnahmenkatalog:

– Reinigung mit Heißdampf bis zur Patina der Steinoberfläche
– Abnahme der Humusschicht auf der Mauerkrone
– Neuverfugung
– Mahd bis zum Mauerfuß, Anlegen eines einheitlichen Rasens
– kein Brachstreifen auf der Basis vorhydrolysierter Kieselsäure
– Verkleben von Rissen mit Epoxidharz
– Vernadeln von Quadern mit V-4-A Dübeln
– Vierungen und Neuteile aus Altmaterial
– Steinersatz: oben (trockene Exposition) Steinergänzungsmörtel auf der Basis auf der Basis vorhydrolysierter Kieselsäure, unten (nasse Exposition) zementgebundene Steinersatzmasse
– Abziehen von Sumpfkalkfugenmörtel an Steinkante
– Retuschieren von Neumaterial

Die Baukosten betragen für diese Option ca. **199,00 EUR/m²**.

Pflegeleistungen sind nicht vorgesehen.

Option 3: Kompromisslösung

Maßnahmenkatalog:

– Entfernung von Gräsern und Kräutern
– Moose und Flechten belassen (nur partiell entfernen)
– kein Brachstreifen
– keine Heißdampfreinigung
– Wiederverwendung der Humusschicht auf Mauerkrone mit Folie
– Festigung abschuppender Oberflächen mit wässeriger Kieselsäure-dispersion
– Verkleben von Rissen mit Epoxidharz

– Steinaustausch mit Altmaterial
– Steinersatzmörtel auf der Basis vorhydrolysierter Kieselsäure
– Armierung mit V4A- oder GFK-Stiften
– Abziehen von Fugen an Steinkante

Die Baukosten belaufen sich bei dieser Option auf rund 166,00 EUR/m².

10 x Pflege auf 30 Jahre à 2,50 EUR und 7,5 % Preissteigerung für drei Jahre angenommen, somit ergeben sich rund 35,50 EUR/m².

Als Summe ergeben sich bei einem dreijährigen Pflegeabstand **201,50 EUR/m².**

Aus der Kostenschätzung ist abzuleiten, dass sich zwischen der konventionellen Sanierung und der Kompromisslösung kaum ein preislicher Unterschied abzeichnet. Die naturverträgliche Restaurierung ist etwa 10 % kostengünstiger. Hier müssen allerdings zusätzliche Pflegekosten über den langen Pflegezeitraum mit einkalkuliert werden.

Die Preise in Quadratmeter beziehen sich ausdrücklich nur auf die durchgeführten Sanierungsvarianten an der Festung Rosenberg inklusive der geschätzten Pflegekosten für 30 Jahre. Die Kosten variieren für andere Bauwerke je nach Schadensbild und Aufwand. Die naturverträgliche Sanierung wird sich jedoch im Regelfall als die günstigste herausstellen – sowohl ökologisch als auch ökonomisch (Kostenberechnungen nach Oehm 2007).

8 Ablaufschema einer naturverträglichen Sanierung

Robert Pick, Rolf Snethlage, Rainer Drewello, Ursula Drewello, Andreas Schmiedinger und Dietrich Förster

8.1 Gedanken zur Interessensvermittlung

Eine zwischen Naturschutz und Denkmalpflege abgestimmte Instandhaltung und Restaurierung setzt die enge Kooperation zwischen den beiden Disziplinen voraus, die mit der gegenseitigen Information über die jeweiligen Standpunkte und Interessen beginnt. Für den Baufachmann ist die Erhaltung pflanzlichen Bewuchses oder der Schutz tierischer Lebensräume eher zweitrangig, während der historische Wert eines Bauwerkes für den Naturschützer meist eine untergeordnete Rolle spielt. Zur Überbrückung der Gegensätze ist die Bereitschaft zur Kommunikation notwendig. Die für die Fachdisziplinen geltenden Positionen sollten dem Gegenüber verdeutlicht und nach Kompromissen gesucht werden. Das Ziel des Gedankenaustauschs ist die Suche nach einer gemeinsamen Lösung, in der die Interessen beider Seiten Berücksichtigung finden. Als Diskussionsgrundlage dienen die von den Fachdisziplinen jeweils erstellten Beschreibungen des Objekts samt der fachlich zugespitzten Zustandsanalysen (Bestandsaufnahmen). Die Bestandsaufnahmen sollten verbunden sein mit der Formulierung der für die jeweilige Fachdisziplin geltenden Minimalziele. Sie sind der erste Schritt zu einer einvernehmlichen Vorgehensweise und die Basis für eine von beiden Seiten akzeptable Instandhaltung der Mauer oder des Bauwerks.

Für eine „optimale“ Restaurierung gibt es kein Patentrezept. Jedes historische Bau- oder Kunstdenkmal ist ein denkmalpflegerischer Einzelfall und verfügt aus der Sicht des Naturschutzes über eine höchst individuelle Lebensgemeinschaft. Aufgrund des ganzheitlichen Ansatzes ist es aber erforderlich, den Naturraum und das Bauwerk als Einheit zu betrachten. Dazu muss geprüft werden, welche auf das Gebäude und sein Umfeld bezogenen Faktoren sich wechselseitig beeinflussen und wie sich diese auf die substanzielle Erhaltung des Denkmals und der schützenswerten Pflanzen- und Tierarten auswirken.

Das erfahrungsgemäß größte Konfliktpotenzial ist in den Fragen zum Umgang mit Gehölzen, der Oberflächenreinigung und der Verfugung enthalten. So ist hinlänglich bekannt, dass Gehölze Bruch- und Quadermauerwerk schädigen und nur in begründeten Einzelfällen wie dem Vogelschutz dort belassen werden können. Andererseits ist das Vorkommen von Pflanzen- und Flechtenbewuchs und tierischen Lebensgemeinschaften von ökologischer Bedeutung und sollte nicht ästhetisch motivierten

Konzepten geopfert werden. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, sich vor Beginn der Projektierung von Maßnahmen über folgende Punkte zu verständigen:

1. Das Leitziel im Umgang mit historischem Mauerwerks sollte die Erhaltung des gebauten Bestands in seiner historischen und ökologischen Qualität sein. Die Interessen von Denkmal- und Naturschutz sollten in eine gemeinsame Instandsetzungs- und Restaurierungsmaßnahme münden.
2. Die herkömmliche Praxis der zyklisch sich wiederholenden Generalsanierungen sollte der Vergangenheit angehören und durch kleinere Baumaßnahmen mit Reparatur- und Pflegecharakter unter Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes ersetzt werden.
3. Geschlossene Fugen und versiegelte Oberflächen sind kein Wert an sich. Bei Baukörpern mit Fels- oder Erdanschluss ist die Entwässerung und Durchgängigkeit der Mauerkonstruktion für Oberflächen- und Hangwasser gegen das Eindringen von Feuchte durch Schlagregen abzuwägen und ein Maßnahmenkonzept unter Berücksichtigung der denkmalschutz- und naturschutzfachlichen Aspekte zu formulieren.
4. Spalten und Zwischenräume, die bei Steinausbrüchen oder größeren Fugen vorkommen, sind als ökologische Nischen zu werten und sollten nur repariert werden, wenn Folgeschäden zu erwarten sind. Ein Belassen erübrigt die Einrichtung künstlicher Lebensräume, wie sie mit erheblichem Kostenaufwand beispielsweise als Vogelnistplätze extra geschaffen werden müssten.
5. Pflanzenbewuchs kann auf Dauer nicht verhindert werden. Deshalb ist die Erhaltung einer größtmöglichen Artenvielfalt als Ziel einer naturverträglichen Restaurierung zu formulieren. Die Artenvielfalt sollte sich durch Konkurrenzsituationen im Gleichgewicht halten und das Entstehen monotoner Populationen verhindern.
6. Gehölze im Fugenbereich des Mauerwerks sind im Allgemeinen eine Gefahr für das Mauerwerk. Aus Gründen der Bauwerkserhaltung und zur Förderung eines trockenwarmen Mikroklimas ist ihre Entfernung in der Regel angebracht. Der Bewuchs mit Efeu sollte dabei stets einer eigenen Bewertung unterzogen werden.
7. Moose und Gräser stellen in der Regel keine Gefahr für den Steinuntergrund dar und haben eine eher schützende Funktion; ihre ästhetisch motivierte Abnahme sollte unter ökologischen Gründen diskutiert werden.

8. Flechten wachsen meist endolithisch und werden in der Regel zu einem Bestandteil des Denkmalgesteins; ihre Abnahme ist restriktiv unter Berücksichtigung konservatorischer und ökologischer Gründen zu diskutieren.

9. Eine kontrolliert gewachsene und gepflegte Fauna und Flora kann den Erlebniswert einer Burg oder Festung durch Naturerfahrung und Naturbeobachtung erheblich steigern. Aus diesem Grund kommt der Pflege der vorgelagerten Grünflächen, der Mauerkronen und der Grünflächen auf Mauerplateaus eine wichtige Rolle zu. Die Vermittlung des kulturgeschichtlichen und des natürlichen Kontextes in Präsentationen, Ausstellungen und bei der Konzipierung von Besuchswegen verspricht große Publikumsresonanz; sie sollte im gegenseitigen Einvernehmen intensiviert und aufeinander abgestimmt werden.

10. Das Potenzial von Mauerbegrünungen im Neubaubereich ist für historische Kulturlandschaften noch bei Weitem nicht ausgelotet (Eigenschaften als Klimapuffer und wasserabweisender Wirkung) und sollte in künftige Überlegungen einbezogen werden.

11. Pflanzen und Tiere besitzen Indikatorfunktionen, die Rückschlüsse auf das Umgebungsklima zulassen (Sonneneinstrahlung, Feuchtigkeit, Substrateigenschaften, pH-Wert); da sie Auskunft über den Erhaltungszustand und die bauphysikalischen Gegebenheiten geben, sollte ihr Vorkommen wissenschaftlich genutzt und im Sinne eines integrierten Denkmal- und Naturschutzes neu gelesen werden.

8.2 Beteiligte Fachdisziplinen und Projektstruktur

Grundlegend für das Gelingen eines naturverträglichen Konzepts ist außer einem funktionierenden Informationsaustausch auch die Fähigkeit der Beteiligten, die einzelnen Fragestellungen und Ziele so zu formulieren, dass Auftragnehmer, Projektanden und ausführende Firmen ihre Methoden auf das Restaurierungsziel abstimmen. Am Interessensausgleich zwischen den unterschiedlichen Instandsetzungsvarianten ist in der Regel folgender Personenkreis beteiligt (Abb. 63):

1. Bauherr/Eigentümer
2. Architekt
3. Behörden (Naturschutz/Denkmalschutz)

4. Projektanten:
   a) Ökologie
   b) Ingenieure, Bauforscher, Historiker
   c) Materialwissenschaftler
5. Ausführende Firmen

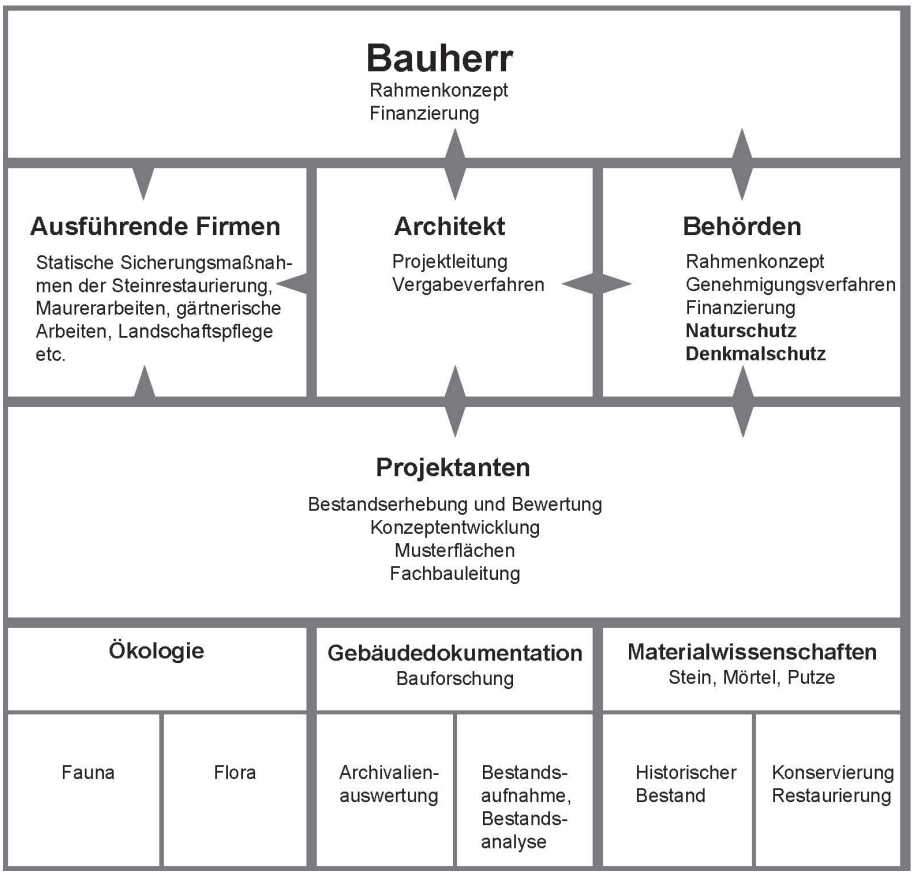

Abb. 63: Projektstruktur (Pick et al. 2002)

Die Restaurierung von ökologisch bedeutsamem Mauerwerk lässt sich in sechs Phasen gliedern:

I. Orientierung
II. Projektinstallation
III. Datenerhebung
IV. Datenauswertung und -zusammenfassung
V. Musterflächen für Erprobung der Maßnahmen
VI. Ausschreibung und Vergabe der Arbeiten

Die sechs Phasen können in 24 Einzelaufträge separiert werden (Abb. 64), die in Art und Umfang auf das Projekt und die Situation vor Ort abgestimmt werden müssen.

Phase	Auftrag/ Nr	Auftrag/Inhalt	Ausführende
I	01	Summarische Zustandsbeschreibung mit Schadensbericht	2
	02 02.1 02.2	Stellungnahme zu dem Bericht unter den Gesichtspunkten: Naturschutz Denkmalschutz	3
	03.1 03.2 03.3	Zusammenfassender Bericht und Formulierung eines Rahmenkonzepts Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise Informationsveranstaltung zum Thema Ökologie (besonders für die ausführenden Facharbeiter und ggf. Fremdenführer)	2, 3
II	04.1 04.2	Ausarbeiten einer Organisationsstruktur für das Gesamtvorhaben Vorgaben zu Kommunikationsstrukturen- und -techniken	2
	05.1 05.2	Bereitstellen von Plänen Einteilung von Baumassen in ein Ordnungsschema zur zweifelsfreien Ansprache von Bauteilen und Flächen	2
	06.1 06.2 06.3	Fortschreibung der Organisationsstruktur, Festlegung der Projektbeteiligten und Bildung von Projektgruppen Formulierung von Leistungsprofilen für vorbereitende Untersuchungen Kostenplan für die Haushaltsuntersuchung	2, 3
	07	Einholung von Angeboten für die unter 06.2 formulierten Voruntersuchungen	2
	08	Wertung der Angebote	2, 3
	09	Fortschreibung des Kostenplans, Finanzierungskonzept für die Projektierung	1–3
	10	Beauftragung der vorbereitenden Untersuchungen	1, 2
	11 11.1 11.2 11.3	Interdisziplinäres Fachgespräch Vorstellung der jeweiligen Untersuchungsaufträge und Methoden Abgleichen von Soll- und Ist-Zustand der EDV-Standards Soweit erforderlich: Ergänzung des Projektteams	1–4
III	12.1 12.2	Ausführung der vorbereitenden Unersuchungen Formulierung von Maßnahmenempfehlungen mit Maßnahmen-varianten auf der Grundlage des Rahmenkonzeptes	4
	13 13.1 13.2 13.3	Interdisziplinäres Fachgespräch mit Vorstellung der Unter-suchungsergebnisse Soweit erforderlich: Empfehlungen für weiterführende Unter-suchungen Wertung der Maßnahmenvarianten (Fachlich, finanziell, optisch) Empfehlungen zur Ausführung von Musterflächen	1–4
	14	Ausführung von Musterflächen und Kostenschätzungen für die Gesamtmaßnahme	4, 5

IV	15	Ausarbeiten eines einvernehmlichen Instandsetzungskonzepts auf der Grundlage der Ergebnisse der Aufträge 12 bis 14	1–4
	16.1 16.2	Fortschreibung des Kostenplans Ausarbeiten eines Finanzierungskonzepts	2, 3
	17	Ausarbeiten eines Maßnahmenkonzepts mit Maßnahmenplan, LV, Kostenberechnung, Bieterprofil	2–4
	18	Abschließende Stellungnahme aus Sicht des Naturschutzes und Denkmalschutzes im Genehmigungsverfahren	3
	19	Durchführung der Genehmigungsverfahren	1–3
V	20	Einholen und fachliche Wertung von Angeboten	2, 3
	21	Vergabe der Arbeiten	1, 2
VI	22	Einweisung der Auftragnehmer zum Thema Ökologie	3, 4
	23	Ausführung der Arbeiten	5
	24	Fachbauleitung und Qualitätskontrolle	3, 4

* 1 = Bauherr, 2 = Architekt, 3 = Behörden (Naturschutz, Denkmalschutz), 4 = Projektanten, 5 = ausführende Firmen

Abb. 64: Ablaufschema für eine Instandsetzung denkmalgeschützter und ökologisch bedeutsamer Mauern (Pick et al. 2002)

In der Praxis werden die Phasen I und II (Orientierung und Projektinstallation) häufig für unnötig erachtet und übersprungen. Dies führt zur Vernachlässigung wichtiger Aspekte, beispielsweise der Anliegen des Naturschutzes oder des denkmalpflegerischen Bestandsschutzes. Die Orientierung anhand der Phasen würde ein schrittweise aufeinander abgestimmtes Vorgehen erlauben und die Überfrachtung von Einzelaufträgen vermeiden. Der Vorteil eines abgestimmten Vorgehens ist die Verhinderung unnötiger Korrekturen in finanzieller, terminlicher und fachlicher Hinsicht.

9 Beispiele naturverträglicher Restaurierungen in Deutschland

Andreas Schmiedinger

Es würde den Rahmen dieser Schrift bei Weitem sprengen, wollte man alle ohne Berücksichtigung von Naturschutzbelangen durchgeführten Sanierungen der letzten Jahre kommentieren wollen. Es ist auch nicht unsere Absicht, Ausführungsvarianten die mit dem Naturschutz zu tun hatten, kritisch zu würdigen. Vielmehr sollen die Erfahrungen mit der Durchführung der skizzierten Projekte Anregungen geben und Hilfestellung bei geplanten Instandsetzungen liefern. Hierzu sei über einige der über das Bundesgebiet verstreuten Maßnahmen berichtet, die sowohl dem Denkmal- als auch dem Naturschutz galten. Diese in der Regel erfreulichen Beispiele belegen, dass einzelne Kommunen mittlerweile naturverträgliche Instandsetzungen durchführen oder eine Änderung herkömmlicher Konzepte anstreben.

In diesem Zusammenhang müssen vergleichend die Festungen in **Kronach** und den Städten **Mainz** und **Forchheim/Ofr.** genannt werden. Die drei Festungsbauwerke verbinden fortifikatorische und architektonische Gemeinsamkeiten. Forchheim war im 17. Jahrhundert das südliche Pendant zu Kronach (Tourismus- und Veranstaltungsbetrieb der Stadt Kronach 2002; vgl. auch Burger 2004). Beide Festungsanlagen wurden aus bossierten Natursteinquadern errichtet und auf den Mauerkronen mit aufgeschütteten Erdwällen zur Abschwächung der Geschützeinschläge versehen. Ähnliche Erdwälle finden sich an der ebenfalls barocken Zitadelle in Mainz. Die zwischen den Mauerkronenbereichen und den Erdwällen verlaufenden Postengänge an der Zitadelle und der Forchheimer Stadtmauer sind prädestinierte Angriffspunkte für bauphysikalisch und biologisch wirksame Verwitterungsprozesse. An der Forchheimer Stadtmauer befindet sich zwischen dem gepflasterten Postenweg und der Mauerkrone ein Entwässerungssystem, welches durch das hangabwärts verlagerte, humose Bodenmaterial der Erdwälle nahezu vollständig verfüllt war. In diesem Substrat hatte sich im Laufe der Zeit eine vitale Naturverjüngung des umliegenden Baumbestandes eingestellt. Die Folge des nicht mehr gewährleisteten Ablaufs war die extreme Durchfeuchtung der Mauerkrone und damit einhergehende offensichtliche Bauschäden. Darüber hinaus war durch das Einwachsen von Bäumen ein Ablösen der Vorsatzschale von der Hinterfüllung erkennbar, was erhebliche statische Probleme mit sich gebracht hätte. Im Zuge einer naturverträglich durchgeführten Sanierung konnten die genannten Probleme auch aus denkmalpflegerischer Sicht überzeugend gelöst werden (unveröffentlicht).

Eine ähnlich gelagerte Problematik, wenngleich in weitaus größerer Dimension, betraf den Postenweg der Mainzer Zitadelle. Hier sah man sich darüber hinaus mit weiteren biogenen Verwitterungsprozessen konfrontiert. Deshalb wurde initiiert durch eine Bügerinitiative und mit Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt an ausgewählten Mauerabschnitten der Mainzer Zitadelle in den Jahren 2006/07 eine ökologisch orientierte Instandsetzung vorgenommen. Die Sanierung war ein Pilotprojekt, in das eine große Anzahl an Kooperationspartnern eingebunden war (staatliche Institutionen, bürgerliche Initiativen, Organisationen des Naturschutzes) und das praktikable und nutzungskonforme Lösungen im Verhältnis von Denkmal- und Naturschutz finden sollte. Dabei wurde primär der Umgang mit Gehölzen in Mauern im Zusammenhang mit dem Ausgleich für Eingriffe in den Grünbestand eines geschützten Landschaftsbestandteils und die Sanierung von Mauerpartien bei weitgehender Schonung der Vegetation diskutiert. Darüber hinaus galt es, den Postenweg wieder begehbar zu machen und die Feuchtigkeitszufuhr in die anstehende Brüstungsmauer zu unterbinden. Die gefundenen Lösungen sind in einer abschließenden Publikation der Stadt Mainz zusammengestellt (Stadt Mainz 2008).

Im Vorfeld der Sanierungsmaßnahmen an der **Burgruine Frauenberg** bei Beltershausen, Gemeinde Ebsdorfergrund (Hessen), wurden im Jahr 1990 Vorschläge für eine naturverträgliche Durchführung der Sanierung erarbeitet, welche zum größten Teil auch umgesetzt wurden. Als besonders wichtig galten die Besucherlenkung, eine abschnittsweise Sanierung der Ruine, die Nichtverfugung von mindestens 1 m² großen Bereichen an mehreren Stellen des Mauerwerks, die Verwendung von weichem Fugenmaterial und eine geregelte Baustelleneinrichtung (Hoffmann et al. 1990).

Während der Restaurierungsarbeiten an der **Burg Blankenberg** (Stadt Hennef, Rhein-Sieg-Kreis, Nordrhein-Westfalen) zeigte sich, dass Efeu einerseits schwerwiegende Schäden am Mauerwerk verursachen kann, wenn er direkt im Mauerwerk wurzelt, andererseits das Mauerwerk an verschiedenen Stellen korsettartig stützt und den Verfall des Mauerverbandes verzögert. Der Befund untermauert die in Kapitel 6.2 getroffene Aussage, wonach der Umgang mit Efeu im Einzelfall geprüft werden muss. Auch dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit von Natur- und Denkmalschutzbehörden durchgeführt (Umweltamt der Stadt Hennef, Obere Denkmalschutzbehörde Rhein-Sieg-Kreis) und im Jahrbuch 2007 des Rhein-Sieg-Kreises publiziert (Heinisch 2006).

Ein beispielhafter Kompromiss zwischen Bauwerks- und Arterhaltung wurde für das **Fort Hahnenberg, Berlin-Spandau** gefunden. Zur Erhaltung des Ziegelbaus aus dem 19. Jahrhundert und des seit Ende des 2. Weltkrieges etablierten Schluchtwaldes konnten sich die beteiligten

Fachdisziplinen auf räumlich getrennte Pflegeschwerpunkte verständigen. So werden an historisch bedeutsamen Bereichen Instandsetzungen zugelassen, während im restlichen Bereich des ehemaligen Forts die Natur zum Zuge kommt (Bezirksamt Berlin Spandau, Abt. Bauen, Planen und Umweltschutz, Untere Denkmalschutzbehörde Bezirk Berlin, Spandau).

An der Ruine der **Nikolaikirche Zerbst** (Sachsen-Anhalt) wurde, unterstützt von der DBU, ein neuer restauratorischer Weg eingeschlagen. Bei der Teilwiederherstellung der Ruine fand die Abdeckung der sensiblen Mauerkrone besondere Beachtung. Dabei wurde mit einer kokosnetzgebundenen Lehmpackung eine wasserabweisende Abschlussschicht auf die Mauerkrone aufgebracht. Das Projekt wurde von der Hochschule Magdeburg-Stendal (Lehrstuhl Baukonstruktion und Bausanierung) wissenschaftlich begleitet.

Als letztes Beispiel für eine naturverträgliche Restaurierung historisch bedeutsamer Natursteinmauern sei die **Burg Stahlberg** genannt, welche im Mittelrheintal westlich der Stadt Bacharach liegt. Seit 1912 ist der Rheinische Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz Besitzer der Burgruine. Der Verein versucht, das Sanierungskonzept nicht nur auf die Instandsetzung der Mauern zu beschränken, sondern auch dem Schutz der Flora und Fauna eine gleichwertige Gewichtung zu geben (Otten 2005).

10 Anhang

10.1 Rote-Liste-Arten an Mauern und deren ökologische Ansprüche

Im Folgenden (Tab. 1 bis 4) sind die an den untersuchten Burgen in Oberfranken nachgewiesenen Arten der Roten Liste (RL) mit ihren jeweiligen Ansprüchen an einen geeigneten Lebensraum aufgeführt (vgl. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 2003a und 2003b). Die Der Grad der Gefährdung einer Art ist an ihrer Einstufung in der Roten Liste zu erkennen. Diese umfasst fünf Kategorien (1,2,3,R,G,V,D), in der folgende Bewertung getroffen wird:

1 = vom Aussterben bedroht

2 = stark gefährdet

3 = gefährdet

G = Gefährdung anzunehmen, aber Status unbekannt

R = extrem seltene Art, Art mit geografischen Restriktionen

V = Vorwarnstufe

D = Daten defizitär

neu = seit Erstellung der RL neu für das Gebiet nachgewiesen

Die Angaben zur Gefährdung der Stechimmen sind für Bayern den Arbeiten von Mandery et al. (2003), Sturm & Distler (2004), Weber et al. (2003a, 2003b) und Wickl et al. (2004), sowie für Deutschland Westrich et al. (1998), Seifert (1998) und Schmid-Egger et al. (1998) entnommen. Die Spinnenarten finden sich für Bayern in den Roten Listen von Blick & Scheidler (2004) und für Deutschland bei Platen et al. (1998). Die Bewertung der Weberknechte folgt den Roten Listen von Muster & Blick (2004) und Muster et al. (2008), die der Pseudoskorpione den Roten Listen von Drogla & Blick (1998), Bliss et al. (1998) und Muster & Blick (2003). Informationen über die Gefährdung der Schneckenarten wurden der Roten Liste von Falkner et al. (2004) entnommen. Die Einordnung der Pflanzen folgt Ludwig & Schnittler (1996) sowie Meinunger & Nuss (1996). Informationen zu den Moosen lieferten Ludwig et al. (1996), Frahm & Frey (2004) und Nebel & Philippi (2000, 2001, 2005), zu den Flechten Wirth (1995, 1996) sowie zu den Farn- und Blütenpflanzen Oberdorfer (2001), Merkel & Walter (2005) und Rothmaler 2005.

Tab. 1: Stechimmen: An den untersuchten Burgen nachgewiesene Arten der Roten Liste mit ihren jeweiligen Ansprüchen an einen geeigneten Lebensraum, bayern- und deutschlandweit (RLD = Rote Liste Deutschland, RLBy = Rote Liste Bayern)

Arten	RLD	RLBy	Ökologie/ Bedeutung der Mauer
Bienen			
Andrena curvungula	3	3	auf Glockenblumen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle angewiesen
Andrena denticulata	V	V	kein direkter Bezug zur Mauer
Andrena fulvago	3	V	kein direkter Bezug zur Mauer
Andrena humilis	V	V	kein direkter Bezug zur Mauer
Anthidium oblongatum	V		nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität
Anthidium punctatum	3	V	nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Bombus humilis	V	V	nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Bombus soroeensis	V		nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Halictus scabiosae	3		nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Halictus subauratus		V	nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Hoplitis adunca	V		nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität
Hoplitis villosa	2	2	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; auf Korbblütler als Nahrungsquelle angewiesen; hohe Maueraffinität
Hylaeus kahri	D	D	kein direkter Bezug zur Mauer
Lasioglossum costulatum	3	2	nutzt bevorzugt Glockenblumen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Lasioglossum lativentre	3	V	nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Lasioglossum minutulum	3		nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Lasioglossum nitidiusculum	V		nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Lasioglossum smeathmanellum		D	Mauer als Aufheizplatz, Futterplatz, Nisthabitat, d. h. Exposition, Mikroklima, Oberflächen-/ Substrat-eigenschaften, Umfeld und geeignete Futterpflanzen ausschlaggebend
Megachile circumcincta		V	nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle
Megachile ericetorum	V		nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität
Megachile nigriventris	V		kein direkter Bezug zur Mauer
Megachile pilidens	3	V	nutzt Pflanzen im Bereich der Mauern als Pollen- und Nektarquelle

Osmia leaiana	3	3	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; auf Korb-blütler als Nahrungsquelle angewiesen; hohe Mauer-affinität
Osmia niveata	3	3	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; auf Korb-blütler als Nahrungsquelle angewiesen; hohe Mauer-affinität
Stelis minima		D	parasitoid, d. h. mauerabhängiger Wirt muss vor-handen sein; hohe Maueraffinität

Wegwespen

Agenioideus sericeus		G	Mauer ist Jagdgebiet und Nisthabitat, d. h. Mikroklima, Oberflächen-/ Substrateigenschaften, Umfeld, Beuteinventar entscheidend; hohe Maueraffinität
Agenioideus usurarius	3	2	Mauer ist Jagdgebiet und Nisthabitat, d. h. Mikroklima, Oberflächen-/ Substrateigenschaften, Umfeld, Beuteinventar entscheidend; hohe Maueraffinität

Grabwespen

Ammoplanus perrisi		G	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität
Crossocerus walkeri	3	2	kein direkter Bezug zur Mauer
Spilomena punctatissima	2	neu	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität

Faltenwespen

Euodynerus notatus	G	G	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität
Symmorphus murarius	2	2	nutzt Mauer als Nistplatz; Oberflächen-/Substrat-eigenschaften und Umfeld entscheidend; hohe Maueraffinität

Parasitische Gruppen

Chrysis mediata		D	parasitoid, d. h. mauerabhängiger Wirt (Odynerus reniformis, O. spinipes) muss vorhanden sein; hohe Maueraffinität
Pseudomalus violaceus		G	parasitoid, d. h. mauerabhängiger Wirt (Pemphredon lugubris) muss vorhanden sein; hohe Maueraffinität

Arten	RLD	RLBy	Ökologie/ Bedeutung der Mauer
Ameisen			
Dolichoderus quadripunctatus curvungula	2	2	Nester werden in Bäumen angelegt
Formica cunicularia		V	Fouragierer: Mauer wird nur überquert oder zur Nahrungssuche genutzt; Nester im/am Boden bzw. auf/an Bäumen
Formica polyctena	V	V	"
Formica pratensis	V	3	"
Formica rufibarbis	V	3	"
Formica sanguinea		V	"
Lasius alienus		G	"
Lasius emarginatus		V	primärer Mauerbesiedler, Nester in Bereichen der Mauer
Lasius meridionalis	3	3	Fouragierer: Mauer wird nur überquert oder zur Nahrungssuche genutzt; Nester im/am Boden bzw. auf/an Bäumen
Lasius mixtus		D	"
Leptothorax gredleri	V	3	"
Myrmecina graminicola		3	"
Myrmica sabuleti	V	V	"
Myrmica scabrinodis	V	V	"
Myrmica schencki	3	3	"
Ponera coarctata	3	3	"
Stenamma debile		D	"
Temnothorax affinis	2	G	Nester werden in Bäumen angelegt
Temnothorax nigriceps	3	3	primärer Mauerbesiedler, Nester in Bereichen der Mauer
Temnothorax saxonicus	2	neu	primärer Mauerbesiedler, Nester in Bereichen der Mauer
Temnothorax unifasciatus	V	V	primärer Mauerbesiedler, Nester in Bereichen der Mauer
Tetramorium caespitum		V	Fouragierer: Mauer wird nur überquert oder zur Nahrungssuche genutzt; Nester im/am Boden bzw. auf/an Bäumen

Tab. 2: Spinnentiere: An den untersuchten Burgen nachgewiesene Rote-Liste-Arten mit ihren jeweiligen Ansprüchen an einen geeigneten Lebensraum bayern- und deutschlandweit (RLD = Rote Liste Deutschland, RLBy = Rote Liste Bayern)

Spinnen	RLD	RLBy	Ökologie
Fischernetzspinnen			
Segestria bavarica	3	2	Felsbewohner, mauertypisch
Kugelspinnen			
Robertus kuehnae	G	G	höhlen-, spaltenbewohnend, mauertypisch
Zwerg- und Baldachinspinnen			
Abacoproeces saltuum		3	wärmeliebend, mauertypisch
Gonatium paradoxum	3	3	wärmeliebend, mauertypisch
Hypomma cornutum	G		Rinden-, Baumbewohner, mauertypisch
Kratochviliella bicapitata	R	D	Rindenbewohner, mauertypisch
Syedra gracilis	G	3	am Boden lebend, überwiegend in beschatteten Lebensräumen, oft im Wald
Trichoncus simoni	R	2	Felsbewohner, mauertypisch
Walckenaeria mitrata	G		am Boden lebend, oft in wärmeren Waldbereichen
Radnetzspinnen			
Hypsosinga sanguinea	3		wärmeliebend, Bewohner extensiver Offenstandorte
Trichterspinnen			
Textrix denticulata		3	Felsbewohner, mauertypisch
Plattbauchspinnen			
Callilepis nocturna	3	3	wärmeliebend, mauertypisch, auf Ameisen als Beute spezialisiert
Echemus angustifrons	1	1	Felsbewohner, mauertypisch
Krabbenspinnen			
Ozyptila claveata	3		wärmeliebend, mauertypisch
Springspinnen			
Heliophanus aeneus	3	3	Kalkfelsbewohner, mauertypisch, profitiert von Freistellung
Heliophanus dubius		G	Baum-, Strauch- oder Krautschichtbewohner
Sitticus pubescens		G	Felsbewohner, mauertypisch
Talavera thorelli	G	2	Bewohner trockener Offenlandstandorte

Weberknechte	RLD	RLBy	Ökologie
Brettkanker			
Trogulus closanicus	D		in Laub- und Auwäldern, auch auf Weideland, wärmeliebend
Trogulus nepaeformis		D	vorzugsweise waldbewohnend, auch Gebüsche oder Offenland (Trockenrasen), evtl. wärmeliebend

Pseudoskorpione	RLD	RLBy	Ökologie
Lamprochernes chyzeri			Unter Baumrinde und in der Bodenstreu, am häufigsten werden sie jedoch durch ihre phoretische Verbreitung an Stubenfliegen und anderen Insekten nachgewiesen

Tab. 3: Schnecken: An den untersuchten Burgen nachgewiesene Rote-Liste-Arten mit ihren jeweiligen Ansprüchen an einen geeigneten Lebensraum bayern- und deutschlandweit (RLD = Rote Liste Deutschland, RLBy = Rote Liste Bayern)

Artname wissenschaftlich	Artname deutsch	RLD	RLBy	Lebensform	Schwerpunktvorkommen
Acanthinula aculeata	Stachelige Streuschnecke		V	G	Waldart
Aegopinella minor	Wärmeliebende Glanzschnecke	3	3	G	Lichtwaldart, auch in Felshängen, ersatzweise an beschatteten Mauerfußbereichen, bevorzugt Kalkgebiete
Aegopinella nitidula	Rötliche Glanzschnecke		V	G	Waldart, ersatzweise an beschatteten Mauerfußbereichen
Arion rufus	Rote Wegschnecke		3	N	bevorzugt „mittlere“ Feuchtigkeit, sowohl in offenen als auch gehölzdominierten Bereichen, auch an beschatteten Mauerfußbereichen häufig durch *A. lusitanicus* verdrängt
Balea perversa	Zahnlose Schließmundschnecke	3	2	G	bevorzugt Felsstandorte von „mittlerer“ Feuchtigkeit, sowohl in offenen als auch gehölzdominierten Bereichen, durch Felsfreistellung besonders gefährdet
Cecilioides acicula	Gemeine Blindschnecke		V	G	im Offenland subterran lebend, ersatzweise am offen exponierten Mauerfuß
Clausilia bidentata	Zweizähnige Schließmundschnecke		3	G	Waldart, meist in Buchenstreu/an Totholz
Clausilia dubia dubia	Gittersteifige Schließmundschnecke		V	G	Art felsreicher Waldbiotope
Cochlicopa lubricella	Kleine Glattschnecke	V	3	G	Wärme/Trockenheit bevorzugende Offenlandart, Kennart offener, exponierter Felsköpfe, -bänder/ Kalkmagerrasen; ersatzweise auf offen exponierten Mauerkronen
Columella edentula	Zahnlose Windelschnecke		V	G	feuchte Lebensräume bevorzugend, Sonderstandorte
Euomphalia strigella	Große Laubschnecke	V	3	G	Lichtwaldart, ersatzweise am offen exponierten Mauerfuß
Fruticicola fruticum	Strauchschnecke			G	Waldart, ersatzweise an beschatteten Mauerfußbereichen
Helicigona lapicida	Steinpicker		V	G	Waldart

Morlina glabra	Glatte Glanzschnecke	V	R	G	Waldart, in Trocken-/Frostzeit in Gesteinsschutt bzw. Spalten, beweidet Gestein, teils räuberisch; ersatzweise an beschatteten Mauerfußbereichen
Pupilla muscorum	Moospüppchen	V	3	G	im Offenland subterran lebend, Schwerpunkt Felsfluren, Kalkmagerrasen, Salbei-Glatthaferwiesen, ersatzweise offen exponierte Mauerkronen; bevorzugt trockene, teils auch frische bis feuchte Standorte
Tandonia rustica	Großer Kielschnegel	3	3	N	in Lichtwäldern, wärmebegünstigten Block- und Hangschuttwäldern, an beschatteten Mauerfußbereichen; an waldfreien Standorten auf Hohlräume angewiesen
Truncatellina cylindrica	Zylinderwindelschnecke		V	G	im Offenland subterran lebend, ersatzweise auf offen exponierten Mauerkronen

Lebensformtypen: G= Landgehäuseschnecken, N= Nacktschnecken

Tab. 4: Pflanzen: An den untersuchten Burgen nachgewiesene Rote-Liste-Arten mit ihren jeweiligen Ansprüchen an einen geeigneten Lebensraum bayern- und deutschlandweit (RLD = Rote Liste Deutschland, RLBy = Rote Liste Bayern)

Artname wissenschaftlich	**Artname deutsch**	**RLD**	**RLBy**	**Lebensform**	**Schwerpunktvorkommen**
Taxus baccata	Eibe	3	3	B	bevorzugt frische, nährstoffreiche, oft basische Böden, sehr schattenverträglich
Encalypta streptocarpa	Gedrehtfrüchtiger Glockenhut	V	V	HM	an beschatteten Felsen und Mauern, bevorzugt Kalkgebiete
Preissia quadrata	Quadratisches Preissmoos	3	3	LM	an beschatteten, frischen bis feuchten Felsen und Mauern, basenliebend
Leproloma vouauxii	k. A.	3		FL	auf Moosen an beschatteten Mauern und in Mörtelfugen

Lebensformtypen: B= Baum, FL= Flechte, LM= Laubmoos, HM= Lebermoos

10.2 Katalog ausgewählter Tiere und Pflanzen

Einige bemerkenswerte Tier- und Pflanzenarten, die bei den Untersuchungen nachgewiesen wurden, finden sich im folgenden Katalog. Neben Angaben zu Lebensraumansprüchen und Vorkommen wird der Grad der Gefährdung angegeben und mögliche Maßnahmen zum Schutz der jeweiligen Tier- oder Pflanzenart beschrieben. Der Einfluss auf das Mauerwerk wird nach drei Kategorien unterteilt:

Kategorie I: keine Schäden festzustellen

Kategorie II: bedingt schädigend

a) Abhängig vom Zustand der Werksteine ist ein Fortschreiten bereits vorhandener Schäden möglich; keine Verformungen im Mauergefüge, nicht schädigend auf intaktem Gestein.

b) Standortabhängig kann es zu leichten Schädigungen der Quaderoberflächen kommen.

c) Durch Unterbrechung der Nährstoff- und Wasserzufuhr aus dem Boden (z. B. durch Durchtrennen des Stammes) oder bei fortgeschrittener ergiebiger Bodenbildung ist Wurzelbildung in den Fugen möglich.

d) In mechanisch nur gering stabilen Fugenmörtel können Grabgänge angelegt werden; nicht schädigend auf intaktem Gestein.

Kategorie III: deutlich schädigend.

Standortabhängige leichte Schäden an der Gesteinsoberfläche wurden bei einzelnen Vertretern der Flechten und Moose beobachtet. Vertreter der Kräuter und Gräser sind meist der Kategorie IIa zugeordnet. In ihr finden sich Pflanzen, die auf intakten Gesteinsoberflächen keine Schäden verursacht haben. Ihnen konnte allenfalls eine die Rückwitterung beschleunigende Wirkung attestiert werden, die von der Witterungsbeständigkeit des Gesteins abhängig ist. Alle Gehölze wurden der Kategorie III zugeordnet. Efeu (*Hedera helix*) als Vertreter der Lianen findet sich in der Kategorie IIc.

Tiere

Abb. 65: Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*).
Foto: Dietrich Förster

Artname: Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*)

Gefährdung:	Bayern	2
	Deutschland	1
Lebensraumansprüche:	Sommerquartiere in Spalten an Gebäuden, häufig hinter Fensterläden. Einzeltiere auch in Baumhöhlen, Nistkästen. Winterquartier in Höhlen, Stollen, Kellern; die Jagd erfolgt zu einem Großteil in Wäldern in der Höhe der Baumkronen	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Winterquartier in Mauerspalten und frei an der Wand oder Decke in unterirdischen Gängen/ Stollen	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt und Schutz der bestehenden Sommer- und Winterquartiere (Erhalt der Mauerfugen und -spalten) und von artenreichen Nahrungsgebieten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 66: Dohle (*Corvus monedula*).
Foto: Gerold Schlosser

Artname: Dohle (*Corvus monedula*)

Gefährdung:	Bayern	V
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	Brütet in lichten, parkartigen Altholzbeständen, Felswänden und nischenreichen Gebäuden (Burgen Türme, Stadtmauern, Kirchen, Schlösser). Neststand i. d. R. überdacht in Höhlen und Nischen verschiedenster Art bevorzugt in Höhen von mehr als 10 m	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Mauernischen der Festung Rosenberg	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt und Schaffung von Mauernischen; Sicherung von Nahrungsgebieten (extensiv genutzte Kulturlandschaft)	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 67: Schlingnatter (*Coronella austriaca*). Foto: Rainer Drewello

Artname: Schlingnatter (*Coronella austriaca*)

Gefährdung:	Bayern	2
	Deutschland	2
Lebensraumansprüche:	Sonnenexponiertes offenes Gelände: Trockenrasen, Heideflächen, warme Waldränder, Trockenmauern. Winterquartiere in Steinhaufen, Trockenmauern, unter Baumstümpfen	
Arealanspruch:	1–5 ha	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Mauernischen der Festung Rosenberg	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von sonnenexponierten und nischenreichen Mauerabschnitten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 68: Steinpicker (*Helicigona lapicida*). Foto: Christian Strätz

Artname: Steinpicker (*Helicigona lapicida*)

Gefährdung:	Bayern	V
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	In Vertiefungen und Spalten auf felsigem Grund, an Steinmauern, ebenso in alten Waldbeständen	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von Mauerspalten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 69: Zahnlose Schließmundschnecke (*Balea perversa*).
Foto: Christian Strätz

Artname: Zahnlose Schließmundschnecke (*Balea perversa*)

Gefährdung:	Bayern	2
	Deutschland	3
Lebensraumansprüche:	Zwischen Felsen und in Mauerspalten, typisch für trockene, exponierte Standorte, selten an Bäumen bzw. in der Bodenstreu	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von Mauerspalten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 70: Zweizähnige Schließmundschnecke (*Clausilia bidentata*)
Foto: Christian Strätz

Artname: Zweizähnige Schließmundschnecke (*Clausilia bidentata*)

Gefährdung:	Bayern	3
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	In Wäldern und Heckenstrichen zwischen Felsen und an Mauern; Bevorzugt mäßig feuchte Habitate	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von Mauerspalten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Indifferent	

Abb. 71: *Callilepis nocturna* (Familie Plattbauchspinnen).
Foto: Aloysius Staudt

Artname: *Callilepis nocturna* (Familie Plattbauchspinnen)

Gefährdung:	Bayern	3
	Deutschland	3
Lebensraumansprüche:	An trockenen und sonnenexponierten, häufig vegetationsfreien Magerstandorten (z. B. Felsen, Mauern); hochspezialisierter Ameisenjäger	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von unverfugten, sonnigen Trockenmauern	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 72: *Sitticus pubescens* (Familie Springspinnen).
Foto: Steffen Dillinger

Artname: *Sitticus pubescens* (Familie Springspinnen)

Gefährdung:	Bayern	G
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	Wärmeliebende Art; lebt an besonnten Außenwänden	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von unverfugten Trockenmauern	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 73: Bayerische Fischernetzspinne (*Segestria bavarica*). Foto: Aloysius Staudt

Artname: Bayerische Fischernetzspinne (*Segestria bavarica*)

Gefährdung:	Bayern	2
	Deutschland	3
Lebensraumansprüche:	Lebt in Geröllhalden, in Fels- und Mauerspaltenspalten, auf Magerrasen und in trockenen Wäldern; baut Wohnröhren in Fugen	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von unverfugten Trockenmauern	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 74: *Lasioglossum smeathmanellum/L. nitidulum* (Gattung Schmalbienen). Foto: Paul Westrich

Artenkomplex: *Lasioglossum smeathmanellum/L. nitidulum* (Gattung Schmalbienen)

Gefährdung:	Bayern	D
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	Nutzt Mauern als Aufheiz- und Futterplatz sowie Nisthabitat, d. h. Exposition, Mikroklima, Oberflächen-/Substrateigenschaften, Umfeld und geeignete Futterpflanzen sind ausschlaggebend	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von unverfugten Trockenmauern sowie blütenreicher Vegetation	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 75: Zweifarbige Wegameise (*Lasius emarginatus*).
Foto: Martin Felke

Artname: Zweifarbige Wegameise (*Lasius emarginatus*)

Gefährdung:	Bayern	V
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	Wärme und Trockenheit liebende Art, primärer Mauerbesiedler; legt ihre Nester in Felsritzen und Hohlräumen von Mauerwerk an, auch in altes Holz	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt von unverfugten Trockenmauern und Mauerspalten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 76: *Ancistrocerus oviventris* (Unterfamilie Lehmwespen). Foto: Ingrid Altmann

Artname: *Ancistrocerus oviventris* (Unterfamilie Lehmwespen)

Gefährdung:	Bayern	-
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	Lehmwespen leben nicht in Staaten, sondern vereinzelt. Die weiblichen Tiere bauen die Nester aus feuchtem Lehm an Holz, Mauerwerk oder auch in Käferbohrgängen; Arten aus der Gattung *Ancistrocerus* verwenden als Larvenfutter nur Raupen von Kleinschmetterlingen, welche mit einem Stich gelähmt und zusammen mit einem Ei ins Nest gelegt werden.	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt geeigneter Nistmöglichkeiten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 77: *Agenioideus sericus* (Familie Wegwespen). Foto: Urs Rindlisbacher

Artname: *Agenioideus sericus* (Familie Wegwespen)

Gefährdung:	Bayern	G
	Deutschland	-
Lebensraumansprüche:	Die nachgewiesene Wegwespe nutzt Mauern teils als Jagdgebiet und/oder Nisthabitat. Die Larven der Wegwespe ernähren sich von Spinnen, die von den Weibchen erbeutet und in die Brutzellen eingetragen werden. Einige Arten bauen Nester in Form von tönnchenförmigen Lehmzellen in Ritzen und Hohlräume.	
Schutzmaßnahmen:	Erhalt geeigneter Nistmöglichkeiten	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 78: *Trypoxylon minus* (Grabwespen). Foto: Frank Köhler

Artname: *Trypoxylon minus* (Grabwespen)

Gefährdung: Neben der ungefährdeten Art *Trypoxylon minus* wurden drei Grabwespen-Arten der Roten Listen nachgewiesen:
Ammoplanus perrisi: Bayern G, Deutschland -
Crossocerus walkeri: Bayern 2, Deutschland 3
Spilomena punctatissima: Bayern neu, Deutschland 2

Lebensraumansprüche: Grabwespen graben oder mauern sich ihre Nester: Einige legen ihre Eier auch in Pflanzengallen. Sie besiedeln gerne Holz oder Mauerwerk. Die Weibchen lähmen ihre Beutetiere, kleinere Insekten und Spinnen, durch einen Stich, welche als Wirt und Nahrung mit einem Ei in das Nest gelegt werden.

Schutzmaßnahmen: Erhalt geeigneter Nistmöglichkeiten

Einfluss auf Mauerwerk: Kategorie IId, in „weichem“ Fugenmörtel können Grabgänge angelegt werden; nicht schädigend auf intaktem Gestein

Kräuter und Gräser

Abb. 79: Große Brennessel (*Urtica dioica*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Große Brennessel (*Urtica dioica*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Nährstoffreiche, humose Ton- und Lehmböden, Wurzelkriechpionier	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In bodennahen Mauerfugen	
Zeigerfunktion:	Stickstoffzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Schalenabsprengungen sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	grün/Juli bis Oktober	

Abb. 80: Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia)*.
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	In Magerrasen, Fels- und Mauerspalten, modrig-humosen Lehmböden, auch feinerdearme Stein- und Sandböden, bis 1,20 m tief wurzelnd, z. T. Wurzelkriecher, Licht- bis Halbschattenpflanze, Windausbreitung	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Auf Bossen, in Mauerfugen, in Gesteinsrissen und Aufspaltungen	
Zeigerfunktion:	Magerkeitszeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Schalenabsprengungen sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	blauviolett/Juni bis Oktober	

Abb. 81: Echtes Johanniskraut (*Hypericum perforatum*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Echtes Johanniskraut (*Hypericum perforatum*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Humose Böden oder Rohböden, bis 0,5 m tief wurzelnd, Licht bis Halbschattenpflanze	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Auf Bossen, in Mauerfugen und Aufspaltungen	
Zeigerfunktion:	Magerkeitszeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Schalenabsprengungen sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	goldgelb/Juli bis August	

Abb. 82: Dunkle Königskerze (*Verbascum nigrum*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Dunkle Königskerze (*Verbascum nigrum*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Nährstoff- und basenreiche locker humose Lehmböden, Tiefwurzler, Licht- bis Halbschattenpflanze	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In sonnenexponierten Mauerfugen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Schalenabsprengungen sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	gelb/Juni bis September	

Abb. 83: *Poa x figertii* (Hybride aus Platthalm- und Hain-Rispengras).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: *Poa x figertii* (Hybride aus Platthalm- und Hain-Rispengras)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Meist magere, basenreiche, mehr oder weniger humus- und feinerdearme Sand-, Kies- oder Steinböden, Wurzelkriech-Pionier	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In besonnten Mauerfugen, Gesteinsrissen, Aufspaltungen und auf Bossen	
Zeigerfunktion:	Volllichtpflanze, Basen- und Kalkzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	-/Juni bis Juli	

Abb. 84: Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Nährstoff- und basenreiche, humose Lehmböden, Flachwurzler, Halbschattenpflanze	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In Mauerfugen, in Gesteinsrissen, Aufspaltungen und auf Bossen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie II a, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	-/Juni bis Juli	

Abb. 85: Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*). Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Fieder-Zwenke (*Brachypodium pinnatum*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Basenreiche, meist kalkhaltige humose Lehm- oder Lößböden, Wurzelkriech-Pionier, Licht- bis Halbschattenpflanze	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In Mauerfugen, Gesteinsrissen und in Aufspaltungen	
Zeigerfunktion:	Magerkeitsanzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	-/Juni bis Juli	

Abb. 86: Schöllkraut (*Chelidonium majus*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Schöllkraut (*Chelidonium majus*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Halbschattig bis schattig, humose, feuchte kalk-/stickstoffhaltige Böden	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In Mauerfugen, in Gesteinsrissen und in Aufspaltungen	
Zeigerfunktion:	Stickstoffzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	gelb/Mai–September	

Abb. 87: Gold-Taubnessel (*Lamium galeobdolon*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Gold-Taubnessel (*Lamium galeobdolon*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Nährstoffreiche, feuchte Böden	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In beschatteten Mauerfugen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	goldgelb bis blassgelb/April–Juli	

Abb. 88: Gefleckte Taubnessel (*Lamium maculatum*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Gefleckte Taubnessel (*Lamium maculatum*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Bevorzugt frische bis feuchte Ruderalstellen, Halbschatten	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	-	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	purpurrot/April–November	

Abb. 89: Frühlings-Fingerkraut (*Potentilla verna agg.*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Frühlings-Fingerkraut (*Potentilla verna agg.*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Sonnig bis halbschattig, trockene Ruderalstellen und Felsfluren	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In besonnten Mauerfugen	
Zeigerfunktion:	Magerkeitsanzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	
Blütenfarbe/-zeit:	gelb/März–Mai	

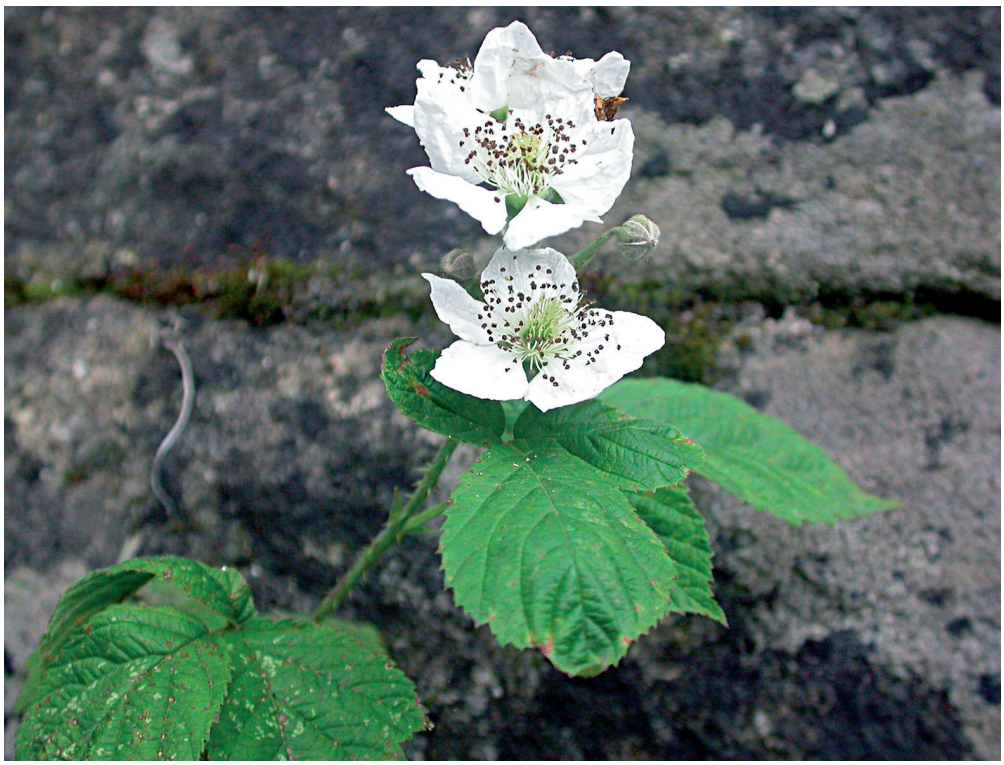

Abb. 90: Brombeere (*Rubus fructicosus agg.*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Brombeere (*Rubus fructicosus agg.*)

Gefährdung:	Oberfranken	k. A. (genaue Artbestimmung nötig)
	Bayern	k. A.
	Deutschland	k. A.
Standortansprüche:	Lichte bis halbschattige Standorte, kalk- und stickstoffreiche Böden	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In besonnten Mauerfugen und Ausbrüchen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	weiß/Mai–Juli	

Abb. 91: Felsen-Fetthenne (*Sedum rupestre*). Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Felsen-Fetthenne (*Sedum rupestre)*

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Halblichtpflanze, Trocken- und Halbtrockenrasen	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In besonnten Mauerfugen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	
Blütenfarbe/-zeit:	goldgelb/Juni–August	

Abb. 92: Kleinblütige Königskerze (*Verbascum thapsus*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Kleinblütige Königskerze (*Verbascum thapsus*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Nährstoffreiche Stauden- und ausdauernde Unkrautfluren, Halblicht- bis Volllichtpflanze	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In besonnten Mauerfugen und Fehlstellen	
Zeigerfunktion:	Nitrifizierungszeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIa, durch Eindringen von Wurzeln sind Absprengungen von Schalen und Fugenmörteln sowie eine beschleunigte Auswitterung (an Tonlagern) aufspaltender Werksteinbereiche möglich	
Blütenfarbe/-zeit:	hellgelb/Juli–September	

Abb. 93: Mauer-Streifenfarn (*Asplenium ruta-muraria*).
Foto: Alexander Ulmer

Artname: Mauer-Streifenfarn (*Asplenium ruta-muraria*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Spalten von Kalkfelsen und Mauern	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Meist in besonnten Mauerfugen	
Zeigerfunktion:	Kalkzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 94: Zerbrechlicher Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*).
Foto: Alexander Ulmer

Artname: Zerbrechlicher Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Schattige und feuchte kalkhaltige Felsen und Mauern	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In beschatteten Mauerfugen und Fehlstellen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 95: Braunstieliger Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Braunstieliger Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*)

Gefährdung:	Oberfranken	-
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	In Ritzen von Felsen und Mauern, je nach Unterart an kalkhaltigen oder -freien Gesteinen	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In beschatteten Mauerfugen und Ausbrüchen	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Moose und Flechten

Abb. 96: Echtes Seidenmoos (*Homalothecium sericeum*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Echtes Seidenmoos (*Homalothecium sericeum)*

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Felsen, Mauern und an der Stammbasis von Laubbäumen	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	An fast allen Mauerflächen vorkommend, in Deckenform wachsend	
Zeigerfunktion:	kalkhold	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 97: Mauer-Drehzahnmoos (*Tortula muralis*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Mauer-Drehzahnmoos (*Tortula muralis*)

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	-
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Mauern, Felsen und Dächer, häufiges Moos auf lichten und sonnigen Mauern, bildet Polster	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	In kleinen Polstern an den südexponierten Mauern der Vorwerke, die Unterart *Tortula muralis var. aestiva* erreicht an den ostexponierten, renovierten Mauerflächen der Festung Rosenberg die höchsten Deckungen	
Zeigerfunktion:	kalkhold	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIb, vereinzelt Verfärbungen und leichte Zermürbung des Substrates unter erhabenem Moospolster	

Abb. 98: Feld Lecanore (*Lecanora campestris*). Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Feld Lecanore (*Lecanora campestris*)

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	k. A.
	Deutschland	-
Standortansprüche:	basisches, staubimprägniertes oder leicht kalkhaltiges Silikatgestein, fast nur an anthropogenen Substraten	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	Bevorzugt auf den südexponierten, vertikalen Gesteinsoberflächen	
Zeigerfunktion:	Lichtpflanze	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie IIb, durch Ablösen und anschließendes Abfallen von zentralem Flechtenlager kann es zu oberflächlichem Verlust von Gesteinssubstanz kommen. Nicht an allen Wuchsorten konnten Schäden festgestellt werden.	

Abb. 99: Dünnästiger Wolfsfuß (*Anomodon attenuatus*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Dünnästiger Wolfsfuß (*Anomodon attenuatus*)

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	V
	Deutschland	V
Standortansprüche:	Auf Felsen und Rinde, bildet meist an schattigen Standorten ausgedehnte Rasen	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	An schattigen, feuchten Mauern mit offenen Fugen	
Zeigerfunktion:	Basenzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 100: *Caloplaca flavescens***.** Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: *Caloplaca flavescens*

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	k. A.
	Deutschland	-
Standortansprüche:	An Kalkfelsen und Natursteinmauern aus Kalkstein	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	An besonnten Kalksteinmauern	
Zeigerfunktion:	Kalkzeiger	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 101: *Lecidella stigmatea***.** Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: *Lecidella stigmatea*

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	k. A.
	Deutschland	-
Standortansprüche:	Auf Kalk- und kalkimprägniertem Sandstein, auf Mauern, Grabsteinen etc.	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	An allen Mauern häufig	
Zeigerfunktion:	-	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

Abb. 102: Quadratkopfmoos (*Preissia quadrata*).
Foto: Andreas Schmiedinger

Artname: Quadratkopfmoos (*Preissia quadrata*)

Gefährdung:	Oberfranken	k. A.
	Bayern	3
	Deutschland	3
Standortansprüche:	An schattigen, dauerhaft feuchten, basenreichen Felsen und Natursteinmauern	
Vorkommen an den Festungen/Burgen:	An beschatteten, nordexponierten Mauern der Festung Rosenberg	
Zeigerfunktion:	basenliebend	
Einfluss auf Mauerwerk:	Kategorie I, keine Schäden festzustellen	

10.3 Untersuchungsmethoden

Faunistische Untersuchungen

Handfänge: Um die Spinnentiere zu erfassen, wurden die Untersuchungsflächen im ersten Untersuchungsjahr pro Termin jeweils eine halbe Stunde lang befangen. Dabei wurde mit einem Exhaustor die Wand von knapp über dem Boden (ca. 20 cm) bis zu vier Meter Höhe abgesucht. Die Mauer-Vegetation wurde abgeschüttelt, die Mauer und Mauerlücken wurden mithilfe eines festen, trockenen Malerpinsels abgestrichen und die Spinnen und Weberknechte in Flachschalen ausgelesen. Mit einer Federstahlpinzette wurden zudem einzelne Spinnen direkt aus Mauerlücken gefangen. Lockerer Verputz konnte vorübergehend entnommen werden, um die darunter befindlichen Spinnen (meist aus ihren Kokons) zu fangen. Im zweiten Untersuchungsjahr wurde auf eine weitere Erfassung der Spinnentiere an der Giechburg und der Burg Waischenfeld verzichtet.

Die Erfassung der Stechimmenfauna erfolgte mit einem Insektennetz in näherer Umgebung der Untersuchungsflächen. Zusätzlich wurde an einem der Termine jede der Untersuchungsflächen für eine halbe Stunde abgesucht und jede Stechimme eingesammelt. Die gefangenen Tiere wurden abgetötet, präpariert und später bis zur Art determiniert.

An allen vier Burgablagen wurden außerdem bei unterschiedlicher Witterung und zu verschiedenen Jahreszeiten Handaufsammlungen zur Erfassung der Molluskenfauna im Bereich der Mauern bzw. bestimmter Sonderstrukturen vorgenommen. Dabei lagen für Giechburg, Festung Rosenberg und Burg Rabenstein bereits Erhebungen aus früheren Jahren vor.

Primär für den Fang der Wildbienen wurden Farbschalen an den Untersuchungsflächen befestigt (Abb. 103). Um diese Fallen auch für die wand-bewohnende Fauna, bzw. wandaktiven Arthropoden, wie z. B. Ameisen oder Spinnentiere effektiver zu machen, wurden in die Fallen mithilfe eines Klebebandes und darauf angebrachtem Gips ein Übergang zwischen Falle und Wand geschaffen. Die Farbschalen haben eine Seitenlänge von 10,5 cm und eine Tiefe von 6 cm und wurden jeweils zu einem Drittel mit Fang- und Konservierungsflüssigkeit gefüllt.

Pro Wandfläche wurden paarweise blaue und gelbe Farbschalen angebracht. Sie befanden sich in ca. 2,5 m Höhe. An der Burg Rabenstein konnten zusätzliche Wandfallen in 0,5 m Höhe angebracht werden, weil die dort untersuchten Wandbereiche nicht touristisch zugänglich sind. An den zugänglichen Mauerkronen der Festung Rosenberg (Musterachse) und der Burg Rabenstein wurden jeweils 2 Farbschalen pro Untersuchungsfläche

ausgebracht. An diesen Schalen wurde kein Übergang geschaffen, um den Anlockungseffekt der Farbe nicht zu beeinträchtigen. Spinnentiere gelangten jedoch über angrenzende Vegetation in diese Fallen und wurden mit ausgewertet. An der Burg Rabenstein und der Festung Rosenberg wurden zusätzlich Bodenfallen für die Erfassung der Stechimmen und Spinnentiere installiert.

Zusätzlich erfolgte die Kartierung von Ameisennestern bzw. Spinnennetzen an den drei Untersuchungsflächen der Musterachse.

Die von Kleinmollusken besiedelten Sonderstrukturen (Fels- und Mauermoose, Mulm, Gras- und Krautstreu) wurde gesondert erfasst: hier wurden je ca. 4–5 Liter Streu aus den Beständen gewonnen und in Baumwolltüten überführt. Die Proben wurden unter starker Belüftung bei ca. 25 °C getrocknet und anschließend im Labor einer Siebanalyse unterzogen.

Abb. 103: Farbschalen mit Gipsübergang. Fotos: Theo Blick

Floristische Untersuchungen

Vegetationserfassung

Die Beprobung erfolgte an den Burgen Rabenstein, Waischenfeld und der Giechburg an repräsentativen Mauerabschnitten, welche unter Berücksichtigung interdisziplinärer Kriterien ausgewählten wurden.

Als Ausgangsbasis für die Erhebungen an der Festung Rosenberg diente die bereits im Wallmauernprojekt etablierte Musterachse. Hier erfolgte zum Vergleich des Artenbestandes von 2001 und 2006 eine vegetationskundliche Aufnahme der Mauerpflanzen. Um die seit der Sanierung angesamten Baumarten zu erfassen, wurde die Musterachse in zwei Meter breite Abschnitte unterteilt und nach Baumsämlingen abgesucht, deren Höhe gemessen sowie anhand der Jahrringe das Alter ermittelt.

Zum Vergleich des floristischen Artbestandes aller Burgen wurden an den jeweiligen Mauerflächen 1 m² große Aufnahmeflächen zufällig verteilt und deren Lagekoordinaten festgehalten. Als Begrenzung diente ein quadratischer Alu-Rahmen mit 1 m Kantenlänge, welcher an den entsprechenden Stellen reversibel fixiert werden konnte. Innerhalb dieses Rahmens wurden die Deckungsgrade der Pflanzen geschätzt. Des Weiteren erfolgte eine Fotodokumentation aller Aufnahmeflächen. Der Aufnahmerahmen wurde mit einer reißfesten, gut sichtbaren Schnur derart bespannt, dass 100 Frequenzflächen von jeweils 10 cm x 10 cm ausgeschieden werden konnten. Diese Vorgehensweise ermöglichte eine bessere Schätzung der Deckungszahlen und eine genauere Lagebeschreibung der Vegetationsfunde an der Mauer. Zusätzlich wurden Auftreten und Lage der Wurzeln aller Gefäßpflanzen erfasst und die Gesamtdeckung der Flechten erhoben. Eine spezielle Kartierung zum Wuchsverhalten von Flechten wurde an den Kalkburgen durchgeführt. Dabei wurde ermittelt, wie sich die Deckung der Flechtenarten prozentual auf die Substrate Mörtel bzw. Gestein verteilt. Zum Vergleich der Burgen dienten jeweils neun Aufnahmeflächen.

Schadenskartierung

Im Jahr 2001 wurde vor dem Anlegen der Musterflächen an der Festung Rosenberg eine maßnahmenbezogene Schadenskartierung der drei vorgesehenen Musterflächen durchgeführt, in welche notwendige Maßnahmen zur Stein- und Fugenbearbeitung eingezeichnet wurden. Im Jahr 2007 wurden die Steinschäden erneut aufgenommen und ein Vergleich zu der 2001 erstellten Kartierung gezogen. Grundlage der ersten Untersuchung waren schematische Nachzeichnungen des Fugenschnittes auf der Basis von Mittelformatdias der Musterflächen. 2006 wurden die Flächen erneut mit einer digitalen Großbildkamera aufgenommen und der Fugenschnitt erfasst. Zum Schädigungspotenzial der Kräuter und Gräser wurden Sichtprüfungen durchgeführt.

Um die Auswirkung der Vegetation auf die Veränderung von Rissbreite feststellen zu können, wurden an entsprechenden Stellen an der Burg Rabenstein zwei handelsübliche Rissmonitore mit dem Zweikomponenten-Universalkleber Duopox 01 rapid der Firma Delo fixiert. Die Rissmonitore bestehen aus zwei übereinander montierten, skalierten Kunststoffstreifen. Dabei wird ein mit Platthalm-Rispengras bewachsener Riss, mit einem unbewachsenen Referenz-Riss verglichen. Um zu klären, ob sich Veränderungen der Rissbreite z. B. durch Horstbildung des Grases ergeben, wurden die Rissmonitore monatlich abgelesen.

Die Schadenswirkung von Bäumen wurde bereits im Wallmauerprojekt I untersucht, weshalb 2006 lediglich durch Efeu verursachte Schäden mittels

Sichtprüfung an der Burg Waischenfeld erfasst wurden. Um die Auswirkung des Klettergewächses auf den Untergrund und die begleitende Flora und Fauna auf eine breitere Basis zu stellen, wurden 16 weitere Wehranlagen in fünf Bundesländern begangen.

Erfassung der Standortsfaktoren

Chemische Parameter

Im Jahr 2006 wurde eine stichprobenartige pH-Wert- Analyse von Gestein, Mörtel und Fugensubstrat an drei zufällig verteilten Probestellen je untersuchter Mauerfläche durchgeführt.

Die an den untersichten Burgen pflanzenverfügbaren Nährelemente, die Kationen Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Ammonium sowie die Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrat, Phosphat und Sulfat, wurden im Jahr 2007 mittels Ionenchromatographie ermittelt. Darunter versteht man ein Verfahren zur Trennung und Detektion von Ionen. Zum Einsatz kam das Ionenchromatographiesystem IC 761 der Firma Metrohm mit der Säule METROSEP A SUPP 5-250 (mit Suppression) zur Trennung der Anionen und der Säule METROSEP C 2-150 zur Trennung der Kationen. Im Labor wurden die Proben außerdem auf vorhandenen Restfeuchte und pH-Wert untersucht.

Zusätzlich wurde die Mauervegetation einer visuellen Prüfung auf Eisenmangelerscheinungen unterzogen. Bei Eisenmangel können verstärkt H+-Ionen abgegeben werden, was eine Anlösung der Gesteinsoberfläche zur Folge haben könnte.

Feuchte

Die Messung des Feuchtegehaltes in den Mauerfugen erfolgte mit einer TDR-Sonde (Firma Easy Test). Diese Messungen waren nur an den Mauern mit offenen Fugen an der Festung Rosenberg sowie der Burg Rabenstein möglich. Die Methode erfordert ausreichend Fugensubstrat in welches die Sonde eingebracht werden kann; eine rein zufällige Auswahl der Messstellen war deshalb nur eingeschränkt möglich. Alle Messungen (drei je Mauer) wurden innerhalb eines Tages bei konstanten Wetterverhältnissen durchgeführt.

Aufnahmen mit einer Wärmebildkamera (Varioscann LW 3011 ST Compact, Jenoptik) sollten im Jahr 2007 weitere Informationen über den Feuchtegehalt der Mauerflächen bringen (vergl. Abschnitt „Infrarotaus-

nahmen“ in diesem Kapitel). Dabei wurde angenommen, dass feuchte Stellen über ihre geringere Wärmeabstrahlung im Vergleich zu trockenen Mauerbereichen detektiert werden können. (Die Wärmebildkanera wurde dankenswerterweise von Prof. Brüggemann, Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik und Transportprozesse zur Verfügung gestellt).

Mauerstruktur

Fugenverhältnis

Mithilfe des Programmes Datinf® Measure (Datinf GmbH) wurden alle Fugen der Aufnahmeflächen an der Festung Rosenberg vermessen. Datinf® Measure verfügt über vektorbasierte Messobjekte die über das Originalbild gelegt werden (siehe Abb. 104).

Abb. 104: Ermittlung des Verhältnisses von Stoß- und Versatzfugen an einer Aufnahmefläche der Festung Rosenberg mit dem Programm Datinf® Measure. Foto: Alexander Ulmer

Die Länge der Stossfugen wurde denen der Versatzfugen gegenübergestellt und ein Durchschnittswert ermittelt, um diese Werte in Bezug zur Gesamtdeckung setzen zu können.

Ferner wurden für alle Untersuchungsflächen drei Verfugungs-Klassen gebildet: verfugt, teilverfugt und offen.

Oberflächenverhältnis

Um die Oberflächenstruktur der Mauern zu erfassen, wurden für jede Untersuchungsfläche sechs Profilquerschnitte erstellt. Mithilfe einer Konturmesslehre der Länge 30 cm (Abb. 105), die im festen Abstand von 5 cm zur Mauerfläche befestigt wurde, wurden DIN-A4-Zeichnungen erstellt. Aus den Zeichnungen wurde ein Tiefenprofil der Mauer angefertigt, um die Strukturinformationen numerisch auswerten zu können (Abb. 106).

Abb. 105: In einem Abstand von fünf Zentimeter wird die Struktur der Mauerobefläche erfasst. Die Auflösung der 30 cm langen Konturmesslehre beträgt 1 mm. Foto: Christine Mahler

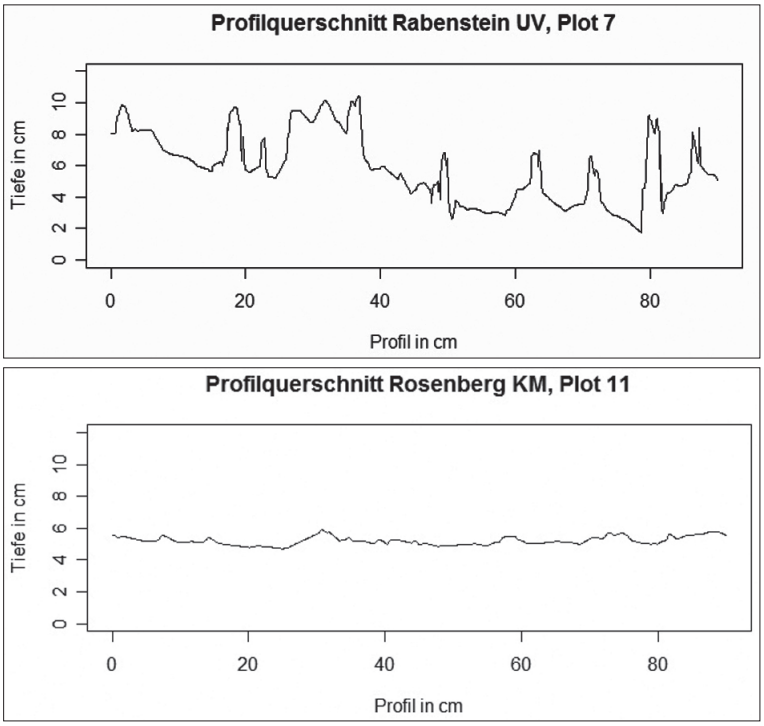

Abb. 106: Vergleich zweier beispielhafter Profillinien für Rabenstein und Rosenberg. Darstellung: Christine Mahler

Mauersubstrat und Standbedingungen

Um zu klären, ob sich die unterschiedliche chemische und physikalische Zusammensetzung des verbauten Sand- und Kalksteins differenzierend auf die floristische Artenzusammensetzung am Mauerwerk auswirkt wurden Gesteinsproben im Labor Drewello & Weißmann, Bamberg, analysiert.

Als weitere wichtige Kenngröße wurden die Standbedingungen der Mauern erfasst. Die Mauern waren entweder als freistehend, hinterfüllt oder teilhinterfüllt einzuordnen.

Materialwissenschaftliche Untersuchungen

Bohrhärteprüfung

Mit der Bohrhärteprüfung wird die Dichte von Gesteinsmaterialien festgestellt. Bei der Messung wurden Diamantbohrer (Durchmesser 3 mm) mit konstantem Anpressdruck in das Gestein eingebracht und die Eindringtiefe als Funktion der Zeit festgehalten. Diese Methode ist geeignet, Korrosionsschäden wie Schalenbildung oder Zermürbung in der Gesteinsmatrix in Relation zum nicht korrodierten Grundmaterial zu setzen. Die Aufgabenstellung im Projekt betraf die Wechselwirkung von biogenem Bewuchs und Gesteinskorrosion. Das Bohrhärteprofil liefert eine Aussage über die Beschaffenheit der Grenzregion und des Grundmaterials. Aufgrund der geringen lateralen Auflösung sind nur bedingt Aussagen zur biogen induzierten Veränderung der Gesteinsoberfläche möglich.

E-Modul der Gesteinsmaterialien

Der Elastizitätsmodul (auch: Zugmodul, Elastizitätskoeffizient oder Youngscher Modul) ist ein Materialkennwert aus der Werkstoffkunde. Der Elastizitätsmodul [N/mm^2 oder Pa] gibt an, inwieweit sich ein Naturstein verformen lässt, d. h., ob er sich unter mechanischer Beanspruchung nachgiebig (elastisch) oder steif (spröde) verhält. Dabei zeigt ein niedriger E-Modul eine starke und ein hoher E-Modul eine geringe Dehnungsfähigkeit an. Die Bestimmung erfolgt üblicherweise nach dem Dehnwellenresonanz-Verfahren, welches zylindrische oder prismatische Probenkörper voraussetzt. Da die Kalksteinproben nicht in Form von Bohrkernen entnommen werden konnten, wurde das dynamische E-Modul näherungsweise aus der Rohdichte (als Quotient von Trockenmasse und berechnetem Gesamtvolumen) und der Kompressionswellengeschwindigkeit [vp] berechnet. Die Eingangswerte werden mithilfe einer mathematischen Formel zum E-Modul umgerechnet. Die Messungen

wurden an der Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Paläontologie, im Auftrag von Prof. Dr. Roman Koch durchgeführt.

Wasseraufnahmeverhalten der Gesteinsmaterialien

Das Wasseraufnahmeverhalten der Proben wurde durch 24-stündige Lagerung unter Wasser bei Atmosphärendruck und im Unterdruck bestimmt. Die Messung erfolgte gravimetrisch durch Differenzbildung.

Bestimmung der spezifischen Materialfeuchte

Mit der resistiven Materialfeuchtemessung wurde an den ausgewählten Burgmauern das Feuchteprofil im Gestein sowohl in Abhängigkeit von der Tiefe als auch von der Höhe ermittelt. Die angewandte Methode, die auf der Messung der Leitfähigkeit beruht, erfordert spezifische Kennlinien für das jeweilige Material, weshalb auch von spezifischer Materialfeuchtemessung gesprochen wird. Zur Messung diente ein Materialfeuchtemessgerät, Firma Hygrosens. Zur Ermittlung der Messwerte wurden zwei Bürstensonden (Elektroden) mit einem speziellen leitfähigen Gel ummantelt, im entsprechenden Abstand (ca. 10 cm) in die Bohrlöcher eingeführt und die spezifische Feuchte in unterschiedlichen Tiefen ermittelt.

Bestimmung der Restfeuchte in Gestein und Mörteln

Das klassische Verfahren zur Ermittlung des Wassergehaltes von mineralischen Baustoffen ist die Darr-Wäge-Methode. Vor Ort wurde eine Probe am Mauerwerk bis in eine Tiefe von ca. 15 cm entnommen, luft- und dampfdicht verpackt und anschließend ins Labor verbracht. Die entnommenen Proben wurden anschließend gewogen, bevor in einem Trockenofen das gesamte in der Matrix frei verfügbare Wasser bei 105 °C entfernt wurde. Nach Erreichen der Gewichtskonstanz wurde zurückgewogen. Die Gewichtsdifferenz entspricht der enthaltenen Wassermenge und wird in Bezug zum Trockengewicht in Massen- bzw. Gewichtsprozent angegeben. Das Verfahren wurde für das Ausgangsgestein, den Verfüll- sowie den Fugenmörtel durchgeführt, sodass ermittelt werden konnte, an welcher Stelle im Mauerwerk das meiste Wasser für biogenen Bewuchs verfügbar ist.

Wassereindringverhalten in die Gesteinsmaterialien

Das Wassereindringverhalten an witterungsexponierten Gesteinsoberflächen wurde unmittelbar am Bauwerk überprüft. Zum Einsatz kam das Verfahren nach Karsten mit gewinkelten und genormten Prüfröhrchen, die mit Abdichtungsmasse an der Gesteinsoberfläche angebracht und mit Wasser bis zur Endmarke gefüllt wird. In Abhängigkeit von der Zeit wird die Wasseraufnahme bestimmt, Zeitintervallen notiert und rechnerisch ausgewertet.

Infrarotaufnahmen

Die Thermographie ist ein Verfahren, welches Temperaturverteilungen und -änderungen an der Oberfläche von Objekten bildlich sichtbar macht (Abb. 107). Grundlage ist die von den Objekten ausgehende Wärmestrahlung. Infrarotkameras nehmen die Eigenstrahlung von Materie auf. Eine Infrarotkamera macht die Temperaturen der aufgenommenen Objekte sichtbar, und stellt sie in Falschfarben dar. Niedrige Temperaturen werden in Blautönen, warme in Rottönen dargestellt. Da der Temperaturverlauf auf Maueroberflächen indirekt ein Abbild der Durchfeuchtung ist, weil Wasser das Gestein abkühlt, kann die Feuchteverteilung an einer Mauer auch thermographisch erfasst werden. Die Infrarot-Aufnahme wurde vom Bayerischen Zentrum für Angewandte Energieforschung Erlangen (ZAE Erlangen) erstellt.

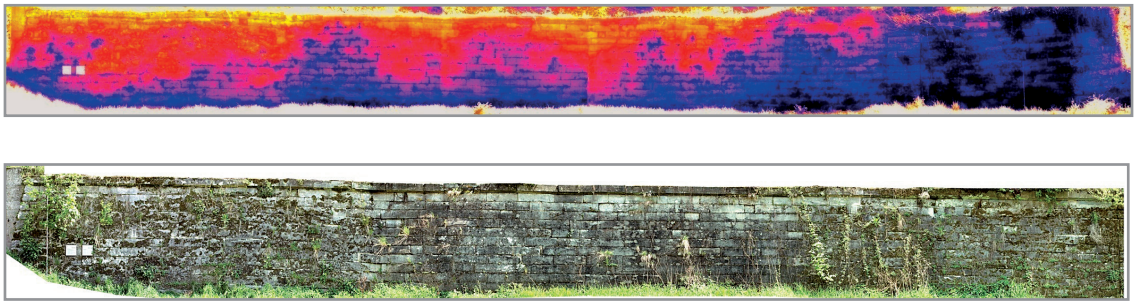

Abb. 107: Fotografische Aufnahme der Musterflächen (unten) im Vergleich zur Infrarot-Aufnahme (oben). Foto oben: Claudia Buerhop; Foto unten: Nick und Barbara Beckett

Faziesbestimmung des Kalksteins

Die Faziesbestimmung der Kalksteine an den drei Burgen der Fränkischen Schweiz wurde von Prof. Dr. Roman Koch, Institut für Paläontologie an der Universität Erlangen-Nürnberg, durchgeführt.

Lichtmikroskopische Auswertung der Dünnschliffe

Zur Herstellung eines Dünnschliffs wird von einem Gesteinsstück eine Probe abgesägt, angeschliffen, poliert und mit einem speziellen Kunstharz auf einen gläsernen Objektträger aufgeklebt. Anschließend wird die Probe auf der gegenüberliegenden (nicht aufgeklebten) Seite bis auf ca. 10–20 µm Dicke heruntergeschliffen und wiederum poliert. Die im Dünnschliff sichtbare Struktur ist eine „Momentaufnahme", die wiedergibt, was sich bis zum Zeitpunkt der Probenahme entwickelt hat. Somit sind die biotischen und abiotischen Prozesse, die auf der mit Flechten und Moosen besiedelten Gesteinsoberfläche abgelaufen sind, und die ihre Spuren in Form von veränderten Strukturen hinterlassen haben, in den Dünnschliffen fixiert. Die Dünnschliffpräparation erfolgte durch das Institut für Paläontologie an der Universität Erlangen-Nürnberg und das Labor Drewello & Weißmann, Bamberg (Abb. 108).

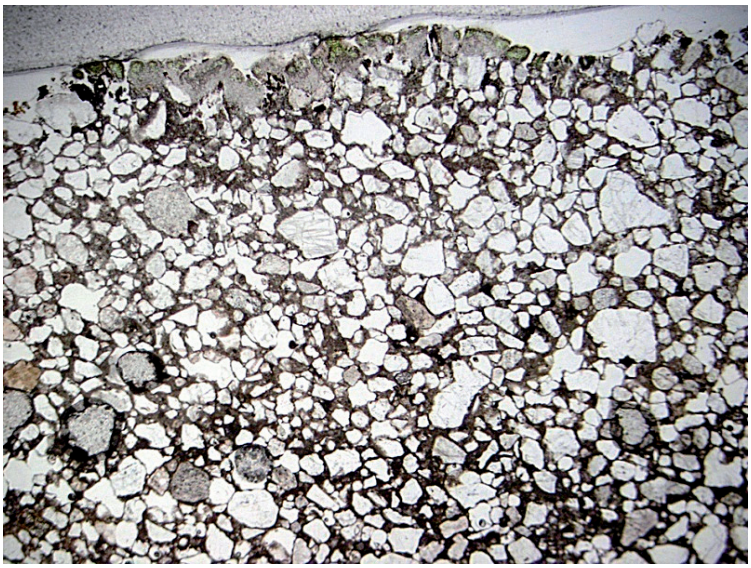

Abb. 108 Sandsteinmatrix mit einwachsenden Flechtenmycelien von *Lecanora dispersa* (graubraun). Foto: Rainer Drewello

10.4 Literaturverzeichnis

Althaus, C. (1987): Fassadenbegrünung. Patzer Verlag, Berlin-Hannover.

Arbeitskreis Fassadenbegrünung (2000): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (Hrsg.), Bonn.

Arbeitskreis Theorie und Lehre der Denkmalpflege (2009): Grenzverschiebungen, Kulturraum, Kulturlandschaft. Kulturerbe in Landschaften mit wechselnden Herrschaftsansprüchen. Veröffentlichung der Jahrestagung in Straßburg 2008.

Arbeitskreis Theorie und Lehre der Denkmalpflege (2010): Historische Kulturlandschaft und Denkmalpflege. Veröffentlichung der Jahrestagung in Bamberg 2009. (in Vorbereitung).

Arino, X., Ortega-Calvo, J.J., Gomez-Bolea, A., Saiz-Jimenez, C. (1995): Lichen colonization of the Roman pavement at Baelo Claudia (Cadiz, Spain): biodeterioration vs. bioprotection. The Science of the Total Environment 167: 353–363.

Bauchhenss, E., Uhlenhaut, H. (1993): *Robertus kuehnae n.sp*., eine neue Kleintheridiide aus Mitteleuropa (Arachnida, Araneae, Theridiidae). Entomol. Nachr. Ber. 37: 25–28.

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2003a): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. Schriftenreihe, 165, Augsburg.

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2003b): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. Schriftenreihe, 166, Augsburg.

BHU (2005): Naturschutz und Denkmalschutz – zwei getrennte Wege? Bund für Heimat und Umwelt. Sonderpublikation der Tagung in Osnabrück 9.–10. Juni 2005.

BHU (2007): Lebensraum Denkmal. Bund für Heimat und Umwelt. Sonderpublikation der Tagung in Osnabrück vom 2.–3. Mai 2006.

Blick, T., Muster, C. (2003): Rote Liste gefährdeter Pseudoskorpione (Arachnida: Pseudoscorpiones) Bayerns. Schriftenreihe Bayer. Landesamt Umweltsch. 166: 325–327. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_tiere/doc/tiere/pseudoscorpiones.pdf

Blick. T., Pfiffner, L., Luka, H. (1998): Erstnachweise der Spinnenarten *Robertus kuehnae* und *Lessertia dentichelis* für die Schweiz (Arachnida: Araneae: Theridiidae, Linyphiidae). Mitt. schweiz. Entomol. Ges. 71: 107–110. http://www.spinnen.callistus.de/Blick_42_RKuehnae_LDentichelis_CH.pdf

Blick, T., Scheidler, M. (2003): Rote Liste gefährdeter Spinnen (Arachnida: Araneae) Bayerns. Schriftenreihe 166: 308–321. http://www.bayern.de/lfu/natur/arten_und_biotopschutz/roteliste/rote_liste_tiere_pdf/araneae.pdf

Bliss, P., Martens, J., Blick, T. (1998): Rote Liste der Weberknechte (Arachnida: Opiliones) (Bearbeitungsstand: 1996, 2. Fassung). Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 55: 276–277. http://spinnen.callistus.de/Blick_40_ RLKnechteD98.pdf

Bössneck, U. (1995): Faunistisch-ökologische Untersuchung an Schnecken-Gemeinschaften im Bereich thüringischer und sächsischer Burgen unter besonderer Berücksichtigung des Arten- und Biotopschutzes, KNNV Uitgeverji & EIS-Nederland, 52–58.

Bössneck, U., Schikora, TH. (1998): Burg- und Stadtmauern in Weißensee (Lkr. Sömmerda) – ein Ökosystem im Konflikt zwischen Natur- und Denkmalschutz. Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen, 35. Jahrgang, 3: 72–80.

Brandes, D. (1987a): Artenhilfsprogramm Mauerpflanzen. LÖLF-Mitteilungen 1: 23.

Brandes, D. (1987b): Die Mauervegetation im östlichen Niedersachsen. Braunschweiger Naturkundliche Schriften 2: 607–627.

Brandes, D. (1992): Flora und Vegetation von Stadtmauern. Tuexenia 12: 315–339.

Brandes, D. (1996): Naturschutzaspekte bei der Denkmalpflege unter besonderer Berücksichtigung der Mauervegetation, Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege 20: 145–149.

Brandes, D., Schrader, H.J., Weishaupt, A. (1998): Die Mauerflora der Stadt Braunschweig. Braunschweiger naturkundliche Schriften 5–3: 629–639.

Brickwedde, F., Weinmann, A. (HRSG.) (2004): Nachhaltiger Schutz des kulturellen Erbes – Umwelt und Kulturgüter. Veröffentlichung der 9. Internationalen Sommerakademie St. Marienthal. Erich Schmidt Verlag Berlin.

Bruhn, W. (1910): Beiträge zur experimentellen Morphologie, zur Biologie und Anatomie der Luftwurzeln. Verlag Fischer, Jena.

BUND (2009): Vom Eisernen Vorhang zur Lebenslinie: Das Grüne Band wird 20 Jahre alt. Internetpräsentation zum 20-jährigen Jubiläum des Mauerfalls. http://www.bund.net/bundnet/themen_und_projekte/gruenes_band/

Burger, D. (2004): Burg und Festung Forchheim. In: Burgen, Schlösser und Wehrbauten in Mitteleuropa, 19, Verlag Schnell und Steiner, Regensburg.

Burger, F. (2005): Checkliste der Grabwespen (Hymenoptera, „Sphecidae“) Thüringens – Stand 24.08.2005. In: Thüringer Entomologenverband e. V. (Hrsg.). Teil 13: 29–50.

Dallmeier, L.-M., Drewello, R., Drewello, U., Flügel, E., Koch, R., Köberle, TH., Lorenz, H.-G., Pelzer, N. (2003): Die porta praetoria in Regensburg. In: Neue Konzepte in der Kalksteinkonservierung. Verhandlungen des Historischen Vereins für Oberpfalz und Regensburg, Bd. 143; Sonderpublikation, Verlag des Historischen Vereins für Oberpfalz und Regensburg, 2004.

Dierschke, H. (2005): Zur Lebensweise, Ausbreitung und aktuellen Verbreitung von *Hedera helix*, einer ungewöhnlichen Pflanze unserer Flora und Vegetation. Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 66: 187–206.

Drewello, R., Drewello, U. (2009): Flechten auf Denkmälern: Indikatoren und Vermittler zwischen Denkmal- und Naturschutz. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 36: In: Ökologische Rolle der Flechten; Friedrich Pfeil, München, 161–180.

Drewello, R., Schmiedinger, A. (2008): Der Sandstein der Festung Rosenberg in Kronach: Zwischen Ökologie und Kulturguterhaltung. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 158/4: 895–920.

Drogla, R., Blick, T. (1998): Rote Liste der Pseudoskorpione Deutschlands (Arachnida: Pseudoscorpiones) (Bearbeitungsstand: 1996, veränd. 1. Fassung). Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 55: 278–279. http://spinnen.callistus.de/Blick_41_RLPseudosD98.pdf

Dunham, R. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W.E. Ham (Hrsg.) Classification of carbonate rocks. Mem. Assoc. Petrol. Geol. I, 108–121.

Eicke, L. (1988): Naturschutz an Gebäuden. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (1988): Beiträge zum Artenschutz 5. Wirbeltiere, Heft 81: 81–92.

Falkner, G., Colling, M., Kittel, K., Strätz, C. (2004): Rote Liste gefährdeter Schnecken und Muscheln (Mollusca) Bayerns. In: Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns. Schriftenreihe, 166: 337–347.

Frahm, J.-P., Frey, W. (2004): Moosflora. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Gilbert, O. (1992): Rooted in stone – The natural flora of urban walls, English Nature, Peterborough.

Grimm, U. (1985): Die Gnaphosidae Mitteleuropas (Arachnida, Araneae). Abh. Naturwiss. Ver. Hamburg (NF) 26: 1–318.

Grimm, W.-D. (1990): Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege. Arbeitsheft 50, Gestein Nr. 181. Lipp Verlag, München 1990.

Guggenheim, E. (1998): Mauern als Objekte des Naturschutzes. In: Naturschutz und Denkmalpflege – Wege zu einem Dialog im Garten, Hrsg: Kowarik, I., Schmidt, E., Siegel, B., Veröffentlichungen des Instituts für Denkmalpflege an der ETH Zürich, Band 18: 293–307.

Gunkel, R. (2004): Fassadenbegrünung. Kletterpflanzen und Klettergerüste. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Hässlein, L. (1966): Die Molluskengesellschaften des Bayerischen Waldes und des anliegenden Donautales. 20. Ber. Naturf. Ges. Augsburg, Augsburg.

Hager, G. (1910): Einfluss der Vegetation auf die Baudenkmäler. In: Elfter Tag für Denkmalpflege. Sonderdruck aus den Verhandlungen am 30. September 1910: 2– 29.

Heckmann, E. (1992): Mauervegetation in Marsberg, LÖLF-Mitteilungen, Hrsg: Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen, Heft 4/92: 14–23.

Hegi, G. (1926): Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Band III, Teil 1. Hanser, München.

Hegi, G. (1975) Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Band VI, Teil1. Parey, Hamburg.

Heinisch, K. (2006): Über die Sanierung der Burganlage Blankenberg. In: Rhein-Sieg-Kreis (Hrsg.) (2006): Jahrbuch 2007 des Rhein-Sieg-Kreises. Edition Blattwelt, Niederhofen.

Helversen, O. Von (1989): Schutzrelevante Aspekte der Ökologie heimischer Fledermäuse. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 92: 7–17.

Hoffmann, A., Polivka, R., Klein, W. (1990): Gutachten über die Auswirkungen der Bauarbeiten zur Sicherung der Burgruine im Naturschutzgebiet „Frauenberg bei Beltershausen“. Eingriffsbeurteilung aus naturschützerischer Sicht. Bioplan Marburg.

Holzhaider, J. (1998): Untersuchungen zur Fledermausfauna in den Bayerischen Alpen. Diplomarbeit an der LMU München.

Honegger, R. (2009): Flechten: ökologische Aspekte der Wechselbeziehung zwischen Pilz und Alge. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 36. Ökologische Rolle der Flechten; Friedrich Pfeil, München: 25–41.

Jakobs, D. (2008): Die Kuppel der Basilika in Weingarten. Arbeitsheft 20, Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege.

Junghans, T. (2004): Zur Diasporenausbreitung von *Cymbalaria muralis* (Scrophulariaceae). Digitale Bibliothek Braunschweig: http://www.digibib.tu- bs.de/?docid=00001637

Junghans, T. (2005): Zur Kormophytendiversität der Mauern im Raum Mannheim-Heidelberg (Baden-Würtemberg). http://www.ruderal-vegetation.de/epub/kormophytendiv.pdf

Kallasch, C. & Lehnert, M. (1995): Zur Populationsökologie von Wasser- und Fransenfledermäusen (*Myotis daubentoni* und *M. nattereri*) in der Spandauer Zitadelle (Berlin). Sitzungsbericht der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin, 34: 69–91.

Kappen, L. (1965): Untersuchungen über den Jahresverlauf der Frost-, Hitze- und Austrocknungsresistenz von Sporophyten einheimischer Polypodiaceen (Filicinae). – Flora 155: 123–166.

Kappen, L. (1966): Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit der Gametophyten einheimischer Polypodiaceen gegenüber Frost, Hitze und Trockenheit. – Flora 156 (A): 101–115.

Kayikcioglu, A., Zahn, A. (2004): High temperatures and the use of satellite roosts in *Rhinolophus hipposideros*. Mammalian Biology 69: 337–341.

Keil, P., Kordges, T. (1996): Verbreitung und Häufigkeit bemerkenswerter Mauerpflanzen im Stadtgebiet von Essen, Decheniana (Bonn) 150: 65–68.

Kiefer, A., Schreiber, C., Veith, M. (1994): Netzfänge in einem unterirdischen Fledermausquartier in der Eifel (BRD, Rheinland-Pfalz). Phänologie, Populationsschätzung, Verhalten. Nyctalus 5 (3/4): 272–292.

Kiessl, K., Rath, J. (1996): Auswirkungen von Fassadenbegrünung auf den Wärme- und Feuchtehaushalt von Außenwänden. Schadensrisiko. In: Arconis 3: 14–17.

Koch, R., Senowbari-Daryan, B., Strauss, H. (1994): The Late Jurassic „Massenkalk Fazies“ of Southern Germany: Calcerous sand piles rather than organic reefs. Facies, 31: 179–208.

Krahe, F.-W. (1994): Burgen des deutschen Mittelalters. Grundrisslexikon. Weidlich-Flechsig, Würzburg.

Kroupa, A. (2006): Erstnachweis von *Spilomena punctatissima* Blüthgen, 1953 für Bayern und Angaben zur Verbreitung der Art (Hymenoptera, Crabronidae). Entomol. Nachr. Ber. 50 (4): 232–234.

Kunstmann, H. (1965) Die Burgen der östlichen Fränkischen Schweiz. Darstellungen aus der fränkischen Geschichte. Kommissionsverlag Ferdinand Schöningh, Würzburg.

Landolt, E. (1996): Bedeutung der Mauern als Lebensraum für Pflanzen. In: Leben zwischen den Steinen. Sanierung historischer Mauern. Dokumentationsband D 0134, Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich, 24–28.

Lerch, G. (1991): Pflanzenökologie. Akademie Verlag, Berlin.

Licht, W., Bernert, U. (1987): Untersuchungen zur Vegetation und Standortsökologie von Weinbergsmauern – ein Beitrag zur Praxis der Flurbereinigung. – Beitr. Landespfl. Rheinland-Pfalz 11: 69–114.

Ludwig, G., Schnittler, M (1996): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schr. R. f. Vegetationskunde 28, Bonn.

Ludwig, G., Düll, R., Philippi, G., Ahrens, M., Caspari, S., Koperski, M., Lütt, S., Schulz, F., Schwab, G. (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerophytaet Bryophyta) Deutschlands Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.

Mandery, K., Voith, J., Kraus, M., Weber, K., Wickl, K.-H. unter Mitarbeit von Bausenwein, D., Hartmann P., Scheuchl, E., Schuberth, J. (2003): Rote Liste gefährdeter Bienen (Hymenoptera: Apidae) Bayerns. Schriftenreihe, 166: 198–207.

Meinunger, L., Nuss, I. (1996): Rote Liste gefährdeter Moose Bayerns. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (1996): Beiträge zum Artenschutz 20, Heft 134.

Merkel, J., Walter, E. (2005): Liste aller in Oberfranken vorkommenden Farn- und Blütenpflanzen und ihre Gefährdung in den verschiedenen Naturräumen. Regierung von Oberfranken, Bayreuth.

Meschede, A., Rudolph, B.-U. (2004): Landesweite Auswertungen. In: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Fledermäuse in Bayern, Verlag Eugen Ulmer: 58–96.

Metcalfe, D. A. (2005): *Hedera helix* L. In: Journal of Ecology, 93, 632–648.

Muster, C., Blick, T. (2003): Rote Liste gefährdeter Weberknechte (Arachnida: Opiliones) Bayerns. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschschutz 166: 322–324. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_tiere/doc/tiere/opiliones.pdf

Nebel, M., Philippi, G. (2000, 2001, 2005): Die Moose Baden-Württembergs, Bd. 1–3, Ulmer, Stuttgart.

Oberdorfer, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 8. überarbeitete und ergänzte Auflage, Ulmer, Stuttgart.

Oehm, J. (2007): Problem und Lösung der Instandhaltung der Wallmauern. In: Verein 1000 Jahre Kronach e. V. (2007): Rätselhafte Wallmauern. Die Wallmauern der Festung Rosenberg, Kronach, im Brennpunkt wissenschaftlicher Neugier, Kronach, 59–66.

Otten, T. (2005): Die Burgruine Stahlberg. In: Rheinische Heimatpflege 42: 241–244.

Pick, R., Beyer, S., Drewello, R., Förster, D., Laber, A., Rauh, M., Schmiedinger, A., Weißmann, R. (2002): Denkmalpflege und Ökologie. Instandhaltung von bedeutsamem Mauerwerk am Beispiel der Wallmauern der Festung Rosenberg in Kronach. In: Denkmalpflege Information A 87, Bayer. Landesamt für Denkmalpflege (Sonderheft).

Platen, R., Blick, T., Sacher, P., Malten, A. (1998): Rote Liste der Webspinnen (Arachnida: Araneae) (Bearbeitungsstand: 1996, 2. Fassung). Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 55: 268–275.
http://www.spinnen.callistus.de/Blick_39_RLSpinnenD98.pdf

Rhein-Sieg-Kreis (Hrsg.) (2006): Jahrbuch 2007 des Rhein-Sieg-Kreises. Edition Blattwelt, Niederhofen.

Rothmaler, W. (2005): Exkursionsflora von Deutschland. Band 4: Gefäßpflanzen. Kritischer Band. Elsevier. Spektrum, München.

Saar, CH., Trommer, G., Hammer, W. (1985): Wanderfalken. Auswilderungsbericht 1985. In: Deutscher Falkenorden 1985: 12–16, Blomberg.

Schmid-Egger, C., Schmidt, K., Doczkal, D., Burger, F., Wolf, H., Van der Smissen, J. (1998): Rote Liste der Grab-, Weg-, Faltenwespen und „Dolchwespenartigen“ (Hymenoptera: Sphecidae, Pompilidae, Vespidae, „Scolioidea“) (Bearbeitungsstand: 1997). In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschland. Bundesamt für Naturschutz, 138–146.

Schmidt, O. (1996): Eibenfrüchte als Vogelnahrung. In: Beiträge zur Eibe. Berichte aus der LWF, 10.

Seifert, B. (1998): Rote Liste der Ameisen (Hymenoptera: Formicidae) (Bearbeitungsstand: 1997). In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. 130–133.

Snethlage, R. (2005): Leitfaden Steinkonservierung. Fraunhofer IRB Verlag Stuttgart, 289 Seiten.

Stadt Mainz (2008): Pilotprojekt zur ökologischen Mauersanierung am Beispiel der Zitadelle Mainz – Abschlussbericht, Mainz. Zu beziehen über Dr. Hans Marg, Oberer Laubenheimer Weg 15, 55131 Mainz; E-Mail: marg.h@t-online.de.

Strätz, C. (1996): Erfassung und Auswertung faunistischer Grundlagen (Schwerpunkt Landschnecken) für eine Konzepterstellung zur Hang- und Felsfreistellung im Naturpark Fränkische Schweiz. Veldensteiner Forst. Gutachten i. A. der Reg. v. Oberfranken, Verbreitungskarte ausgewählter (sensibler) Arten.

Strätz, C. (2005): Die Molluskenfauna der Naturwaldreservate in Oberfranken. In: LXXVII. Ber. Naturf. Ges. Bamberg (2003/2004), Bamberg: 193–245.

Strätz, C. (2007): Erstnachweis der Glatten Glanzschnecke, Morlina glabra glabra (Rossmässler, 1835), für Thüringen (Gastropoda: Oxychilidae): Thüringer Faunistische Abhandlungen XII: 101–113.

Sturm, P., Distler, H. (2003): Rote Liste gefährdeter Ameisen (Hymenoptera: Formicoidea) Bayerns. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 166: 208–212. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_tiere/doc/tiere/formicoidea.pdf

Thole, S. (2007): Die Festung Rothenberg – Der Festungsbau im 18. Jahrhundert, Maßnahmen der Erhaltung und Möglichkeiten der Konservierung. Dissertation Universität Bamberg 2007. Online unter: http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/volltexte/2007/113/

Tourismus- und Veranstaltungsbetrieb der Stadt Kronach (Hrsg.) (2002): Die Festung Rosenberg. Ein Führer und Begleiter durch Kronachs berühmte Wehranlage. Helmut Angles Druck & Verlag, Kronach.

Turcek, F.J. (1961): Ökologische Beziehungen der Vögel und Gehölze. Slowak. Akad. D. Wiss. Bratislava.

Von Moos, A., De Quervain, F. (1948): Technische Gesteinskunde. Schriftenr. Lehrbücher und Monografien aus dem Gebiete der exakten Wissenschaften. Mineralogisch-geotechnische Reihe, 15, Birkhäuser Basel.

Walter, E. (2003): 1.000-Jähriges Kronach- Stadt und Umgebung, Heimatbeilage zum Oberfränkischen Schulanzeiger, Nr. 308, Bayreuth.

Weber, B., Büdel, B. (2001): Mapping and analysis of distribution patterns of lichens on rural medieval churches in north-eastern Germany, Lichenologist 33 (3): 231–249.

Weber, K., Voith, J., Mandery, K., Wickl, K.-H., Kraus, M. unter Mitarbeit von Bausenwein, D., Blösch, M. (2004a): Rote Liste gefährdeter Wegwespen (Hymenoptera: Pompilidae) Bayerns. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 166: 190–192. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_tiere/doc/tiere/pompilidae.pdf

Weber, K., Voith, J., Mandery, K., Wickl, K.-H., Kraus, M. unter Mitarbeit von Bausenwein, D., Blösch, M. (2004b): Rote Liste gefährdeter Faltenwespen (Hymenoptera: Vespidae) Bayerns. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 166: 187–189. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_tiere/doc/tiere/vespidae.pdf

Wendler, E., Prasartset, C. (1999): Lichen Growth on Old Khmer Styled Sandstone Monuments in Thailand: Demage Factor or Shelter? In: 12th three-anual meeting of the ICOM – Committee for Conservation; 29.8.–3.9.1999, Lyon.

Westrich, P., Schwenninger, H.-R., Dathe, H., Riemann, H., Saure, C., Voith, J., Weber, K. (1998): Rote Liste der Bienen (Hymenoptera: Apidae) (Bearbeitungsstand: 1997). In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. 119–129.

Wickl, K.-H., J. Voith, K. Mandery, K. Weber, M. Kraus unter Mitarbeit von D. Bausenwein & M. Blösch (2003): Rote Liste gefährdeter Grabwespen (Hymenoptera: Sphecidae). Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 166: 193–197. http://www.lfu.bayern.de/natur/daten/rote_liste_tiere/doc/tiere/sphecidae.pdf

Wirth, V. (1995): Flechtenflora. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Wirth, V. (1996): Die Flechten Baden-Württembergs. – 2. Aufl., Ulmer, Stuttgart.

Zahn, A., Hager, I. (2005): A Cave-Dwelling Colony of Myotis daubentonii in Bavaria, Germany. In: Mammalian Biology 70: 250–254.

Zeller, A. (1906): Gefährdung und Erhaltung geschichtlicher Bauten. In: Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen (Sonderdruck), Jahrgang 20, Hofbuchdruckerei Gebrüder Jänecke, Hannover, 1–67.

10.5 Glossar

Agriophyt

Unter Agriophyten versteht man Pflanzenarten, die erst durch menschlichen Einfluss in ein von ihnen zuvor nicht besiedeltes Gebiet gelangt sind (also Archäo- oder →Neophyten) und die dort in natürlichen Lebensräumen etabliert sind, d. h. auch nach Aufhören des menschlichen Einflusses Bestandteil der natürlichen Vegetation bleiben, und in ihrem Weiterbestand vom Menschen unabhängig sind.

Archivalie

Im Archiv aufbewahrte Unterlage

biogen

Biologischen oder organischen Ursprungs

bossiert

Eine gebrochene Ansichtsfläche wird auch als bossiert bezeichnet. Mauersteine werden bossiert, damit eine natürlich wirkende Optik entsteht.

Dünnschliff

Zur Herstellung eines Dünnschliffes wird ein Teil einer Gesteinsprobe abgesägt, geschliffen, poliert und auf einem Objektträger in Kunstharz eingebettet. Die Schichtdicke liegt zwischen 0,02 bis 0,03 mm.

Exhaustor

Mit Exhaustoren können gezielt Insekten gefangen werden. Ein Exhaustor besteht aus einer Glas- oder Plastikröhre mit Ansaugstutzen, der an der gegenüberliegenden Seite in einem Mundstück endet.

Flechten

Flechten sind Doppellebewesen aus Alge (Photobiont) und Pilz (Mycobiont). In dieser Symbiose versorgen die Algen den Pilz mit Kohlenhydraten, der Pilz schützt die Algen vor Austrocknung, intensiver Sonneneinstrahlung und vor algenfressenden Tieren (Wirth 1995). Da nur der Mycobiont eine generative Fortpflanzung zeigt, werden die Flechten dem System der Pilze zugeordnet.

Flechten können nach ihren Wuchsformen eingeteilt werden in

a) Strauchflechten:
   mehr räumlich als flächig wachsende Arten

b) Laubflechten:

mehr oder weniger stark in Lappen gegliedert, im Wesentlichen flächig wachsende Flechten, die mit einiger Vorsicht in größeren Stücken oder ganz von der Unterlage abgelöst werden können

c) Krustenflechten:
auf der ganzen Fläche krustenartig mit der Unterlage verwachsen. Das Ablösen ist nur mit anhaftendem Substrat möglich

Flechten besitzen die Fähigkeit Substanzen zu bilden, die verschiedene Funktionen besitzen (z. B. Schutz vor Fraß, Verminderung der Sonneneinstrahlung zum Schutz der Algen, Hemmung der Keimung von Gefäßpflanzen und Moossporen) .

Gefäßpflanzen

Die Gefäßpflanzen sind in die Grundorgane Sprossachse, Blatt und Wurzel gegliedert. Sie können Wasser aktiv aufnehmen und halten. Dazu sind vor allem nötig (nach Lerch 1991):

- Wurzelsysteme zur Wasseraufnahme,
- Leitungssysteme zum Wassertransport innerhalb der Pflanzen,
- Abschlussgewebe mit Kutikula (Wachsschicht) zum Schutz vor Austrocknung,
- Durchlüftungssysteme mit Spaltöffnungen.

Die Gefäßpflanzen umfassen die zwei Abteilungen Farngewächse und Samenpflanzen (Kräuter, Gräser, Gehölze).

Hautflügler

Die Hautflügler (Hymenoptera) sind nach ihren meist durchscheinenden Flügeln benannt und umfassen verschiedenste Arten von Wespen, Ameisen und Bienen, sowie die zur Familie der Bienen gehörenden Hummeln. Sie sind mit über 115.000 bekannten Arten, davon rund 11.500 in Europa, eine der großen Ordnungen der Insekten und die artenreichste Ordnung in Mitteleuropa.

Moose

Moose besitzen ähnlich wie Flechten die Fähigkeit, ihren Wasserhaushalt über die sie umgebende Atmosphäre auszugleichen. Wasser und Wasserdampf werden unmittelbar und rasch aus feuchter Luft, Regen, Nebel oder Tau aufgenommen. Da Moose in der Regel die Feuchtigkeit nicht speichern können und zudem die Kutikula meist sehr zart ist, trocknen sie bei Wassermangel rasch aus.

Moose werden in drei Klassen eingeteilt: Hornmoose, Lebermoose, Laubmoose.

Sie werden über Sporen verbreitet. Je nach klimatischen Verhältnissen spielt die vegetative Vermehrung bei Moosen eine mehr oder minder große Rolle. Bleiben bei Sanierungsarbeiten geeignete Bruchstücke von sich vegetativ vermehrenden Moosen an gereinigten Flächen zurück, so können diese Mooskompartimente relativ schnell das Wachstum wieder aufnehmen.

Musterachse

Testfläche mit drei unterschiedlichen Sanierungsvarianten (Naturverträgliche Instandsetzung, Konventionelle Sanierung und Kompromisslösung), welche innerhalb des Wallmauernprojektes I (2001) am Waffenplatz Philipp der Festung Rosenberg (Kronach, Ofr.) angelegt wurde.

Phototropismus

Der Phototropismus ist eine durch einen Lichtreiz hervorgerufene Wachstumsbewegung von Pflanzen. Wachstum auf eine Lichtquelle zu wird als positiver, von der Lichtquelle weg als negativer Phototropismus bezeichnet. Sprossspitzen sind meistens positiv, Wurzelspitzen in der Regel negativ phototrop.

Neophyt

Neophyten (griechisch: neo = neu; phyton = Pflanze) sind Pflanzen, die nach 1492, dem Jahr der Entdeckung Amerikas, in Gebiete eingeführt wurden, in denen sie natürlicherweise nicht vorgekommen sind. Pflanzen, die vor 1492 eingeführt wurden, werden als Archäophyten bezeichnet.

Man unterschiedet Pflanzen, deren Einwanderung ohne menschliches Zutun erfolgte, solche, die unabsichtlich durch den Menschen eingeführt wurden sowie verwilderte, absichtlich eingeführte Pflanzen, die ehemals kultiviert waren.

Rhizoide

Rhizoide entsprechen, insbesondere bei Moosen, aber auch beispielsweise bei den Armleuchteralgen und einigen Samenpflanzen, den Wurzeln. Sie besitzen jedoch im Gegensatz zu Wurzeln höherer Pflanzen kein spezialisiertes Leitgewebe. Die Nährstoff- und Wasseraufnahme ist daher von geringerer Bedeutung als vielmehr die Verankerungsfunktion.

Stechimmen

Die Stechimmen (Aculeata) stellen eine Sektion innerhalb der Insektenordnung der Hautflügler (Hymenoptera) dar, deren Weibchen einen (teils rückgebildeten) Wehrstachel besitzen. Neben der bekannten Honigbiene (*Apis mellifera*) sowie etwa 550 in Deutschland vorkommenden Wildbienenarten gehören auch zahlreiche Wespenfamilien sowie die Ameisen zu der Gruppe der Stechimmen.

10.6 Ansprechpartner

Projektbeteiligte

FÖRDERINSTITUTIONEN:

Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück
Dr.-Ing. E. h. Fritz Brickwedde
www.dbu.de

Oberfrankenstiftung, Bayreuth
www.oberfrankenstiftung.de

PROJEKTTRÄGER (BURGENPROJEKT):

Prof. Dr. Carl Beierkuhnlein
Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Biogeografie
E-Mail: carl.beierkuhnlein@uni-bayreuth.de

PROJEKTTRÄGER (WALLMAUERPROJEKT), PROJEKTKOORDINATION:

Dipl.- Biol. Dietrich Förster
Ökologische Bildungsstätte Oberfranken
E-Mail: dietrich.foerster@oekologische–bildungsstaette.de

PROJEKTBEARBEITER FLORA:

Prof. Dr. Eduard Hertel
Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Biogeografie
E-Mail: eduard.hertel@uni-bayreuth.de

Dipl.-Agr. Biol. Andreas Schmiedinger
Büro AgroBIOL, Naturverträgliche Pflege- und Entwicklungskonzepte
E-Mail: info@agrobiol.de

Christine Mahler, Diplomandin
Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Biogeografie
c.mahler@gmx.net

Alexander Ulmer, Diplomand
Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Biogeografie
alexulmer@gmx.de

PROJEKTBEARBEITER FAUNA:

Dipl. Biologe Stefan Beyer
Ökologische Bildungsstätte Oberfranken, Mitwitz
E-Mail: stefan.beyer@oekologische-bildungsstaette.de

Prof. Dr. Konrad Dettner
Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Tierökologie
E-Mail: konrad.dettner@uni-bavreuth.de

Dipl.-Biol. Theo Blick, Hummeltal
Callistus – Gemeinschaft für Zoologische &
Ökologische Untersuchungen
E-Mail: Blick@callistus.de, theo.blick@senckenberg.de

Dipl.-Biol. Alexander Kroupa, Bayreuth
im Auftrag von Callistus – Büro für Zoologische &
Ökologische Untersuchungen
E-Mail: kroupa@plants.de

Dr. Christoph Muster, Putbus/Rügen
im Auftrag von Callistus – Büro für Zoologische &
Ökologische Untersuchungen
E-Mail: c.muster@rz.uni-leipzig.de

Büro für ökologische Studien GdbR, Bayreuth
E-Mail: Bayreuth@bfoes.de, christian.straetz@bfoes.de
Dipl. Geoökol. Christian Strätz
unter Mitarbeit von V. Völker, E. Strätz, D. Albrecht

PROJEKTBEARBEITER MATERIALWISSENSCHAFTEN:

Prof. Dr. Rainer Drewello
Universität Bamberg
Institut für Archäologie, Denkmalkunde und Kunstgeschichte
E-Mail: rainer.drewello@uni-bamberg.de

Dipl.-Biol. Ursula G. Drewello
Labor Drewello & Weißmann GmbH, Bamberg
E-Mail: analyse@labor-drewello.de

FACHLICHE BEGLEITUNG:

Prof. Dr. Rolf Snethlage
Gutachter für Naturstein und Bauwesen, Bamberg
E-Mail: Rolf@Snethlage.net

Dr. Robert Pick
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Memmelsdorf
E-Mail: Robert.Pick@blfd.bayern.de

ANSPRECHPARTNER DENKMALPFLEGE:

Baden-Württemberg:
Landesamt für Denkmalpflege, Esslingen
www.landesdenkmalamt-bw.de

Bayern
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, München
E-Mail: poststelle@blfd.bayern.de
www.blfd.bayern.de

Berlin
Landesdenkmalamt Berlin
www.stadtentwicklung.berlin.de/denkmal

Brandenburg
Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landesmuseum, Zossen
www.bldam.brandenburg.de

Bremen
Landesamt für Denkmalpflege
Der Landeskonservator, Bremen
E-Mail: office@denkmalpflege.bremen.de
www.bremen.de/denkmalpflege

Hamburg
Denkmalschutzamt, Hamburg
E-Mail: denkmalschutzamt@kb.hamburg.de
www.denkmalschutzamt.hamburg.de

Hessen
Landesamt für Denkmalpflege Hessen, Wiesbaden
www.denkmalpflege-hessen.de

Mecklenburg-Vorpommern
Landesamt für Kultur und Denkmalpflege, Schwerin
www.kulturwerte-mv.de

Niedersachsen
Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege, Hannover
www.denkmalpflege.niedersachsen.de

Rheinland
Rheinisches Amt für Denkmalpflege, Pulheim
E-Mail: info.denkmalpflegeamt@lvr.de
www.denkmalpflegeamt.lvr.de

Rheinland-Pfalz
Generaldirektion Kulturelles Erbe
Direktion Bau- und Kunstdenkmalpflege/
Landesdenkmalpflege, Mainz
E-Mail: lad@landesdenkmalamt.rlp.de
www.gdke-rlp.de/buk

Saarland
Postadresse:
Ministerium für Umwelt – Landesdenkmalamt, Saarbrücken
E-Mail: poststelle@denkmal.saarland.de
www.denkmal.saarland.de

Sachsen-Anhalt
Landesamt für Denkmalpflege und
Archäologie Sachsen-Anhalt, Halle (Saale)
E-Mail: uwendland(at)lda.mk.sachsen-anhalt.de
www.lda-lsa.de

Sachsen
Landesamt für Denkmalpflege Sachsen, Dresden
E-Mail: post@lfd.smi.sachsen.de
www.denkmalpflege.sachsen.de

Schleswig-Holstein
Landesamt für Denkmalpflege, Kiel
E-Mail: denkmalamt@ld.landsh.de
www.denkmal.schleswig-holstein.de

Thüringen
Thüringisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologie, Erfurt
E-Mail: post.erfurt@tlda.thueringen.de
www.thueringen.de/denkmalpflege

Nordrhein-Westfalen
LWL-Amt für Denkmalpflege in Westfalen, Münster
E-Mail: afdw@lwl.org
www.lwl.org/wafd

ANSPRECHPARTNER NATURSCHUTZ:

Baden-Württemberg
LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz
Baden-Württemberg, Karlsruhe
E-Mail: poststelle@lubw.bwl.de
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Bayern
Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg
www.lfu.bayern.de

Berlin
Amt für Umwelt und Natur, Berlin
E-Mail: ingrid.lehmann@ba-tk.verwalt-berlin.de

Brandenburg
Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam
www.mluv.brandenburg.de/info/lua
www.berlin.de/ba-mitte/org/umweltnatur/

Bremen
Freie Hansestadt Bremen
Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa
Naturschutzbehörde, Bremen
E-Mail: adam.nowara@umwelt.bremen.de
www.umwelt.bremen.de

Hamburg
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
E-Mail: poststelle@bsu.hamburg.de
www.fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt

Hessen
Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum
und Verbraucherschutz, Wiesbaden
E-Mail: poststelle@hmulv.hessen.de
www.hmulv.hessen.de

Mecklenburg-Vorpommern
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie
Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow
E-Mail: poststelle@lung.mv-regierung.de
www.lung.mv-regierung.de

Niedersachsen
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Norden
E-Mail: pressestelle@nlwkn-dir.niedersachsen.de
www.nlwkn.niedersachsen.de

Rheinland-Pfalz
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und
Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz
E-Mail: poststelle@luwg.rlp.de
www.luwg.rlp.de

Saarland
Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz, Saarbrücken
www.lua.saarland.de

Sachsen-Anhalt
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle (Saale)
www.mu.sachsen-anhalt.de

Sachsen
Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG), Dresden
E-Mail: Poststelle.LfUG@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de

Schleswig-Holstein
Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, Flintbek
E-Mail: poststelle@lanu.landsh.de
www.umwelt.schleswig-holstein.de/servlet/is/155

Thüringen
Thüringer Ministerium für Landwirtschaft,
Naturschutz und Umwelt, Erfurt
www.thueringen.de/de/tmlnu

Nordrhein-Westfalen
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW
E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
www.lanuv.nrw.de

FLEDERMAUSSCHUTZ:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bernd-Ulrich Rudolph, Augsburg
E-Mail: ulrich.rudolph@lfu.bayern.de

Koordinationsstelle für Fledermausschutz Südbayern
Dr. Andreas Zahn
Department Biologie II der Ludwig Maximilians
Universität München, Waldkraiburg
E-Mail: Andreas.Zahn@iiv.de

Koordinationsstelle für Fledermausschutz Nordbayern
Matthias Hammer
Department Biologie, Lehrstuhl für Tierphysiologie der
Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen
E-Mail: flederby@biologie.uni-erlangen.de

10.7 Autorenverzeichnis

Beierkuhnlein, Carl

Beyer, Stefan

Blick, Theo

Brickwedde, Fritz

Drewello, Rainer

Drewello, Ursula

Förster, Dietrich

Gohlke, Andreas

Hammer, Matthias

Kroupa, Alexander

Oehm, Jürgen

Pick, Robert

Schmiedinger, Andreas

Snethlage, Rolf

Strätz, Christian

Zahn, Andreas

Endredaktion:

Drewello, Rainer

Drewello, Ursula

Gohlke, Andreas

Schmiedinger, Andreas