

Institut für Steinkonservierung e.V.

Gemeinsame Einrichtung der staatlichen Denkmalpflege
Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Thüringen



Die Entwicklung eines Burgpflegewerks für die Burg Königstein im Taunus

IFS-Bericht Nr. 61 – 2020

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Abschlussbericht zum Forschungsprojekt AZ 33774/01

„Denkmalpflege mit Natur - Naturschutz mit Denkmalpflege“:
Entwicklung eines innovativen, interdisziplinären und
modellhaften Burgpflegewerks für die Burgruine Königstein
(Hessen).

Projektnehmer:

Stadt Königstein im Taunus



Projektleitung:

Burgenbüro Dr. Strickhausen, Lahntal-Galdern



Kooperationspartner:

Institut für Steinkonservierung e. V., Mainz



Projektlaufzeit: 07.12.2016 - 31.12.2020

Burgpflegewerk

IFS-Bericht Nr. 61 - 2020

ISSN 0945-4748

Herausgeber

INSTITUT FÜR STEINKONSERVIERUNG e. V.

Titelbild

Ziegenbeweidung auf Burg Königstein
(Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen)

Vertrieb

Institut für Steinkonservierung e. V.

Große Langgasse 29

55116 Mainz

Telefon: 06131 2016-500

Telefax: 06131 2016-555

E-Mail: info@ifs-mainz.de

www.ifs-mainz.de

© IFS Mainz 2020

Inhalt

<i>Verena Jakobi</i>	Ein interdisziplinäres Burgpflegewerk für Burg Königstein – Genese eines Projekts.....	1
<i>Gerd Strickhausen</i> <i>G. Nina Strickhausen-Bode</i>	Das Burgpflegewerk für die Burgruine Königstein im Taunus in allgemeiner Sicht.....	7
<i>Enno Steindlberger</i>	Mauerkronensanierung auf Burg Königstein	37
<i>Evelyn Hanebutte</i>	Mauerkroneninstandsetzung mit gezielter Begrünung auf Burg Königstein.....	59
<i>G. Nina Strickhausen-Bode</i> <i>Gerd Strickhausen</i>	Begrünung von Mauerkronen nach Sanierung auf Burg Königstein.....	73
<i>Jeremias Stolze</i>	Einflüsse auf die Feuchte- und Temperaturverhältnisse in der Mauerkrone auf Burg Königstein	85
<i>Dietmar Teuber</i>	Burgpflegewerk Burg Königstein – Beitrag Gefäßpflanzen, Flechten und Moose	99
<i>Sabine Wagner</i> <i>Jörg George</i>	Ziegenbeweidung an und in der Burgruine Königstein – ein Erfahrungsbericht.....	119
<i>Gabriela Terhorst</i>	Fuit aliquando ... – Es war einmal ... Ehrenamtliches Engagement im Projekt.....	123

Autorinnen und Autoren

Jörg George

Talhof, Usingen-Wernborn

Evelyn Hanebutte

Institut für Steinkonservierung e. V., Mainz

Dr. Verena Jakobi

Landesamt für Denkmalpflege Hessen, Wiesbaden

Dr. Enno Steindlberger

Institut für Steinkonservierung e. V., Mainz

Jeremias Stolze M. Sc.

Ingenieurbüro Stolze, Darmstadt

Dr. G. Nina Strickhausen-Bode

Burgenbüro Dr. Strickhausen, Lahntal-Caldern

Dr. Gerd Strickhausen

Burgenbüro Dr. Strickhausen, Lahntal-Caldern

Dipl.-Kff. Gabriela Terhorst

Ehrenamtliche Stadträtin und Dezernentin für
Grünpflege, Königstein

Dipl.-Biol. Dietmar Teuber

Plantago – Botanische Gutachten, Gießen

Sabine Wagner

Talhof, Usingen-Wernborn

Vorwort

Der Wiener Kunsthistoriker Max Dvořák war ab 1905 über 16 Jahre „Generalkonservator der k. k. Central-Commission für die Erforschung und Erhaltung der Kunst- und historischen Denkmale“ und reformierte in dieser Zeit die österreichische Denkmalpflege. Wie sein berühmter Vorgänger Alois Riegl war auch er Ordinarius an der Universität Wien und wird als Kunsthistoriker immer mit seinem 1924 posthum erschienenen Sammelband „Kunstgeschichte als Geistesgeschichte“ in Verbindung gebracht werden. Als Denkmalpfleger aber erreichte er seine größte Breitenwirkung mit seinem 1916 erstmals erschienenen „Katechismus der Denkmalpflege“, der durch seine klare und einfache Sprache die Anliegen der Denkmalpflege anschaulich und kämpferisch zur Geltung brachte: Die „Marseillaise der Denkmalpflege“. Einer der Schlüsselbegriffe darin ist der Begriff der „Pietät“ gegenüber den Denkmälern und auch seine konkreten Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Ruinen spiegeln diese respektvolle Haltung wider:

„Bei Ruinen muss vor allem darauf Bedacht genommen werden, daß nicht das zerstört wird, worauf der eigenartige Reiz der Ruinen beruht. Es ist dies der Charakter eines dem Walten der Zeiten zum Opfer gefallenem Bauwerkes und die malerische Erscheinung in der Landschaft. Eine ausgebaute Ruine ist keine Ruine mehr, sondern ein neues, zumeist mitelmäßiges Bauwerk.

Einige Maßnahmen, um allzu raschem Verfall vorzubeugen:

Risse in den Mauern sind auszufüllen, aus Gleichgewicht gekommene Wände zu stützen, mit Einsturz drohende Decken zu pölzen, sich loslösende Teile zu befestigen.

Doch die Stützen sind so anzubringen, daß sie nicht in dem Gesamtbilde der Ruine störend wirken, beim Ausfüllen der Risse und Fugen sind die Wände nicht mit Kalk zu verschmieren, die ausgezackten oberen Ränder der Mauern nicht etwa auszugleichen, sondern in ihrer unregelmäßigen Form zu belassen.

Vegetation ist dort zu beseitigen, wo sie das Mauerwerk sprengt, im übrigen ist sie zu schonen...“

Im Grunde bewegen sich die Empfehlungen der jetzt hiermit vorgelegten Publikation genau in diesem von Max Dvořák skizzierten Rahmen: Es geht um einen pietätvollen Umgang mit einem sehr vielschichtigen Baudenkmal, das zum einen als historisches Festungsbauwerk, zum anderen mit seinem rieglischen Alterswert als unmittelbare Vergewärtigung einer langen Ereignisgeschichte und nicht zuletzt als gewordenes Biotop ernst genommen werden will und muss. Anknüpfend an die Ergebnisse einer ähnlichen Fragestellung auf der Festung Rosenberg in Kronach (2001) führen die Studien hier bei der Burg Königstein zu konkreten Empfehlungen eines Burgpflegewerkes, das behutsam Natur und Artefakt miteinander versöhnt und – beispielsweise bei der zentralen Frage der Mauerkonsolidierung – zu innovativen Lösungen kommt.

Ich möchte mich bei allen Beteiligten sehr herzlich für die intensive Kooperation über die gesamte Projektlaufzeit bedanken: Der Stadt Königstein als Eigentümerin, der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, dem Burgenbüro Dr. Strickhausen, dem Institut für Steinkonservierung (Dr. Steindlberger), dem Büro Plantago sowie von ehrenamtlicher Seite dem Verein Denkmalpflege Königstein e. V. und dem BUND Königstein-Glashütten. Für mein Haus, dem Landesamt für Denkmalpflege Hessen, danke ich der zuständigen Bezirkskonservatorin Frau Dr. Verena Jakobi für die engagierte Betreuung.

Prof. Dr. Markus Harzenetter

Präsident des Landesamtes für Denkmalpflege
Hessen, Wiesbaden

Grußwort

Die Burg Königstein im Taunus gehört zu den bedeutenden Burgen in Hessen. Die Ursprünge der heutigen Anlage gehen ins 10. Jahrhundert zurück. Bis ins 18. Jahrhundert wurde das Gebäudeensemble wiederholt aus- bzw. umgebaut. Heute ist die teilsanierte Ruine Wahrzeichen der Stadt Königstein.

Bisherige Sanierungsmaßnahmen berücksichtigten bisher nicht die Belange des Naturschutzes und wurden ohne demensprechende Leitlinien durchgeführt. Im Rahmen des Modellvorhabens wurde zum ersten Mal diese Lücke geschlossen und ein interdisziplinäres „Burgpflegewerk“ erstellt. In diesem Zusammenhang war es Ziel des Projektes, den denkmalpflegerischen und naturschutzfachlichen Bestand zu erheben und einen Maßnahmenkatalog festzulegen, der die Bedarfe von Naturschutz, Denkmalschutz und Nutzung berücksichtigte. Ein weiterer interessanter Ansatz war zu schauen, ob durch den bewussten Einsatz von Flechten und Moosen ein Schutz der sensiblen Steinoberflächen erreicht werden kann.

Die Maßnahmen des Burgpflegewerks sollen zukünftig dazu beitragen, die Artenvielfalt an der Ruine zu fördern und dem Verlust der biologischen Vielfalt im Sinne der nachhaltigen Entwicklung entgegenzuwirken.

Befestigungsanlagen sind wichtiger Lebensraum für Flora und Fauna - ein Mehrwert, der häufig unterschätzt wird. Erfahrungen aus DBU-Projekten haben gezeigt, dass ein gemeinsames Handeln von Denkmalpflege und Naturschutz nötig ist, um diese Potenziale auszuschöpfen. Bei dem Vorhaben handelt es sich daher um ein innovatives Projekt mit dementsprechendem Vorbildcharakter.

Die DBU bedankt sich herzlich bei allen Projektbeteiligten für die gute Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank gilt dabei dem Fachbeirat, der durch seine Anregungen zum Gelingen des Vorhabens beigetragen hat.

Constanze Fuhrmann

Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Leitung Referat Umwelt und Kulturgüter

Grußwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

unser DBU-Forschungsprojekt „Denkmalpflege mit Natur, Naturschutz mit Denkmalpflege“ diente der Entwicklung eines innovativen, interdisziplinären und modellhaften Burgpflegewerks für die Burg ruine Königstein (Hessen). Anfang 2017 gestartet, sollte das für die Stadt Königstein so wichtige Projekt in diesem Spätsommer mit einer großen Abschlussveranstaltung zu Ende gehen, auf der wir gemeinsam die Schritte des Projektes und die Ergebnisse einer breiten Öffentlichkeit vorstellen wollten. Der Pilotcharakter des Projekts, etwa mit der Fragestellung, ob im Anschluss an eine Sanierung ausgewählter Bewuchs gefördert werden kann, sollte nochmals in die Öffentlichkeit getragen werden, um später auch bei anderen Burganlagen hilfreich sein zu können. Doch die Corona-Pandemie zwingt uns zu einem anderen Vorgehen. Dieser Abschlussband sowie eine multimediale Internetpräsentation müssen nun einen gewissen Ersatz darstellen.

Dies ist natürlich zunächst sehr bedauerlich, denn gerade der persönliche Diskurs der Beteiligten stand lange Zeit im Mittelpunkt des Projektes. Die schier endlose Liste der Danksagungen, denen ich mich gerne nachdrücklichst anschließen möchte, zeigt, wie viele Beteiligte nun zum Abschluss hätten zusammenkommen können, um die Ergebnisse, auch die Fortschritte des Projektes zu betrachten und gemeinsam die Zukunft unserer Burg zu diskutieren. Es hätte uns zugleich die Möglichkeit gegeben, allen noch einmal ein persönliches Dankeschön zuzurufen. Das kann nun leider nicht sein.

Allerdings liegt in dem nun beschrittenen Weg auch eine Chance: Denn das eigentliche Projekt kann, muss sogar weiterlaufen, auch wenn das geförderte Projekt nun endet – mit einem Fördervolumen von rund 125.000 Euro durch die DBU wurde der Anstoß gegeben zu dem was nun folgt: Die Burgruine Königstein soll zu einer wohltuenden Oase der Geschichte und Natur inmitten des umtriebigen, geschäftigen Rhein-Main-Gebiets werden. Über das Internet, über multimediale Präsentation erreichen wir nach aller Wahrscheinlichkeit mehr interessierte

Menschen als dies mit einer Tagung möglich gewesen wäre.

Einen kleinen Fingerzeig gibt uns die während des Projektes entstandene Live-Kamera mit Bildern der nun zum zweiten Mal erfolgreichen Uhu-Brut inmitten der Ruine. Zu einem eigenen „Channel“ mit 2.500 Abonnenten haben sich diese bewegten, bewegenden Bilder mittlerweile entwickelt, die rund um die Welt, teilweise rund um die Uhr begeisterte Zuschauer virtuell auf „unsere Burg“ locken. Nicht nur das Brutgeschehen, sondern gerade dessen Einbettung in die Romantik des Ortes, die Schönheit der Burg und der sie umgebenden Landschaft waren Auslöser der Begeisterung, die sich sogar auf die Berichterstattung in Funk und Fernsehen übertrug. Und es besteht Hoffnung, dass sich dieser Erfolg auch im nächsten Jahr fortsetzt.

Zugleich waren die Uhus auch ein klarer Hinweis darauf, wie sensibel wir mit unserer Burg und der sie umgebenden Natur umgehen müssen. Durch den Tod eines Jung-Uhus wurde uns vor Augen geführt, wie fragil die Natur ist, wie selbst das Leben eines Uhus, sicherlich einer der stärksten heimischen Vögel, der kaum natürliche Feinde hat, oft an einem seidenen Faden hängt. Als Ersatz der ursprünglichen Felsbiotope ist die Burgruine insoweit nicht nur historisch betrachtet ein besonderer Ort, der achtsam behandelt werden muss. Keinesfalls darf das einzigartige historische Erbe der Überwucherung durch den es bedrängenden Wald zum Opfer fallen. In dieser Hinsicht kann sich der Naturschutz der Unterstützung durch den Denkmalschutz sicher sein. Dies haben auch die über Jahre durchgeführten Entgrünungsaktionen des Vereins für Denkmalpflege sowie vieler weiterer Burgfreunde immer wieder mit großem Engagement zum Ausdruck gebracht.

Im Rahmen des DBU-Projektes wurden zudem mit der Beweidung durch die Thüringer Waldziegen erfolgreich Wege erkundet, wie weiterer Aufwuchs des Waldes umweltverträglich reduziert werden kann. Die Ziegenherde verhindert auch das Festsetzen verholzender Pflanzen an den Mauern, stattdessen können gezielt Moose und Flechten, Kräuter und Gräser eingesetzt werden, die wie eine

Isolierung wirken und weiteren Schäden am Mauerwerk vorbeugen. Ich stelle heute fest: Nicht nur wegen der guten „Entgrünungswirkung“, sondern auch wegen der Attraktivität dieser Tiere für Bürgerschaft und Besucher sollen diese zum festen Bestandteil unseres Konzeptes für die Burg Königstein werden. Dies kann auch dazu beitragen, die Arbeit ehrenamtlicher Helfer zu erleichtern, wenn sie in dankenswerter Weise wie in der Vergangenheit verholzenden Bewuchs aus dem Mauerwerk entfernen.

So kann das Projekt trotz den aktuellen Einschränkungen zum Erfolg für unsere Burg und unsere Umwelt führen. Versuchen wir, gemeinsam mit der Bürgerschaft, die sich auf die unterschiedlichsten Wei-

sen einbringen kann, für unsere Kinder und Kindes-
kinder Orte wie unsere Burg und die dort gegeben-
nen Lebensräume zu erhalten. Helfen Sie mit, unser
historisches Erbe und unsere Natur zu bewahren!

Ihr



Leonhard Helm
Bürgermeister
Stadt Königstein im Taunus

Verena Jakobi

Ein interdisziplinäres Burgpflegewerk für Burg Königstein – Genese eines Projekts

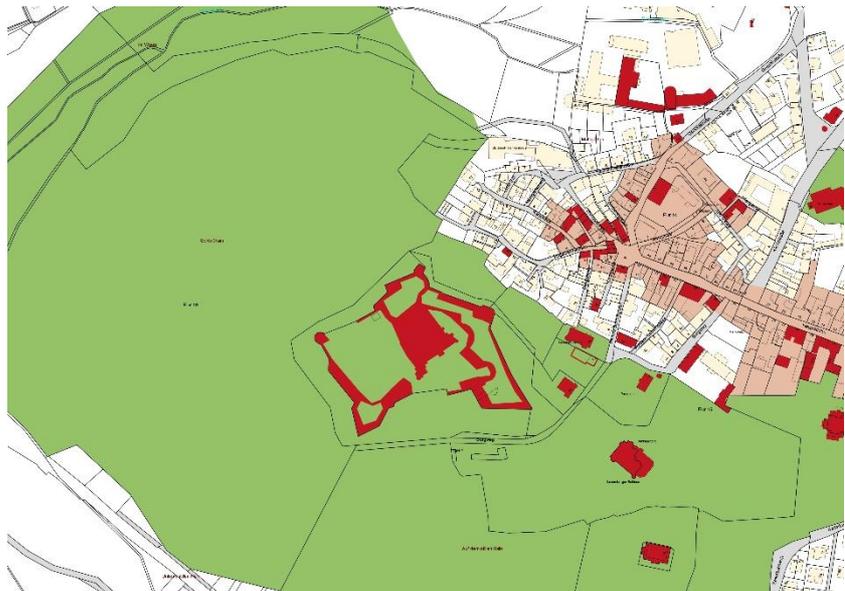
Burg Königstein ist eine der größten mittelalterlichen Adelsburgen Deutschlands. Über die regelmäßige, etwa rechteckige, vierflügelige Kernburg auf dem Gipfel des Burgbergs, dem westlich anschließenden ebenfalls rechteckigen Vorhof sowie den großvolumigen Befestigungen des 16. und 17. Jahrhunderts bildet sie eine beeindruckende Landmarke oberhalb der Stadt Königstein (Abb. 1). Sie zeigt kontinuierlich und in großer Anschaulichkeit die Ent-

wicklung der Burgen- und Festungsarchitektur vom 10. bis zum 18. Jahrhundert. Die erhaltenen Bauten sind in allen Bauphasen qualitativ wie quantitativ weit entfernt von dem Standard einer üblichen Adelsburg. Zusammen mit dem heute bewaldeten „Schloßhain“ ist die Burg daher als Sachgesamtheit in das Denkmalverzeichnis des Landes Hessen aufgenommen worden (Abb. 2).

Abb. 1: Panorama von Stadt und Burg Königstein etwa um 1900 (Bildarchiv Landesamt für Denkmalpflege Hessen (im Folgenden LfDH), undatiert).



Abb. 2: Auszug aus der Denkmaltopographie Hochtaunuskreis (Denkmaltopographie Bundesrepublik Deutschland - Kulturdenkmäler in Hessen, Stuttgart 2013, S. 224 und S. 226-228).



Die Burg ist jedoch mehr als nur die Summe ihrer gemauerten Einzelteile. Zusammen mit der benachbarten, hoch über ihr gelegenen Burgruine Falkenstein sowie der nahe gelegenen Burg Kronberg bilden sie eine ebenso beeindruckende wie lehrreiche Burgengruppe, die in geradezu idealtypischer Weise in imposanter landschaftsbeherrschender Lage über dem Rhein-Main-Gebiet positioniert ist und einen eigenen „Burgenlandschaftsraum“ ausbildet. Schon Stefan Breitling nennt in seinem Aufsatz „Burgenlandschaften als Kulturlandschaften“ Burgen als wichtige Funktionsträger innerhalb der historischen Kulturlandschaften. Sie sind einerseits Kulturdenkmäler, gehören andererseits aufgrund ihrer „Nutzlosigkeit“ als Ruinen auch dem Naturraum an. So sind sie für uns Menschen heute untrennbar mit dem romantischen Bild einer bewachsenen Burg mit der umgebenden hügeligen Waldlandschaft verbunden.ⁱ Natur und Denkmal sind, übrigens auch in ihrer Funktion als touristische Ausflugsziele, nicht mehr voneinander zu trennen. Ihre überkommene, charakteristische Vegetation ist sogar integraler Teil des Denkmals und seines geschichtlichen Entwicklungsprozesses.ⁱⁱ

Was in der Theorie so selbstverständlich klingt, ist aber in der Praxis oft mit Problemen verbunden. Dafür kann die Burgruine Königstein pars pro toto stehen:

Seit den 50er-Jahren wurden Burgen wie Burg Königstein oft unter Zuhilfenahme von maschinellen Trockenspritzverfahren und mit zu harten, zementhaltigen Mörteln behandelt in der damals herrschenden Meinung, mit diesem Material zu einer langfristigen Erhaltung der Burg zu gelangen. Heute wissen wir, dass dieses Vorgehen nicht nur zu erheblichen Bauschäden geführt hat, sondern auch die historischen Baubefunde wie Baunähte oder Rüstlöcher irreversibel beseitigte. Noch im Jahr 2000 erschien in der Königsteiner Woche ein Artikel, der damals in der Stadtverwaltung Königstein hohe Wellen schlug: „Wird die Burgruine sehenden Auges ruiniert? Baugeschichte mit Trass-Mörtel geschmiert.“ⁱⁱⁱ

Neben dieser Beeinträchtigung des historischen Zeugniswertes der Burganlage kommen weitere negative Folgen hinzu, die seit einigen Jahrzehnten in den Fokus der Fachleute geraten: Durch eine flächendeckende Sanierung wird auch der charakteristische Bewuchs von Burgruinen komplett besei-

tigt. Natürlich ist es unstrittig, dass verholzende Pflanzen das Mauerwerk schädigen und entnommen werden müssen (Abb. 3). Es existiert aber eine große Bandbreite von trockenheitsaffiner Flora, die für die Mauern völlig unschädlich ist und, mehr noch, für das Mauerwerk eine nachhaltige Schutzfunktion bieten kann. Auch wurden durch die beschriebenen Flächensanierungen alle Fugen und Löcher geschlossen, die einen wichtigen Lebens- und Rückzugsraum für viele bedrohte, wärmeliebende Tiere wie z. B. Mauerbienen oder Eidechsen darstellen. Im Ergebnis erhielt man häufig kahle, scheinbar „totsanierte“ flora- und faunalose Burgmauern, die aseptisch und bezuglos in ihrem grünen Umraum stehen (Abb. 4).

Hinzu kommen Gestaltungs- und Normenzwänge, die sich aus der touristischen sowie der Nutzung für große Veranstaltungen ergeben. Hier sei besonders das traditionelle Burgfest genannt, bei dem die Burg jedes Jahr über mehrere Tage die Kulisse bildet und Tausende von Besucherinnen und Besuchern anzieht. Diese Nutzung bedingt eine professionelle infrastrukturelle Ausstattung und ein komplexes Brandschutz- und Fluchtwegekonzept, mit dem die Burg in der Vergangenheit aufgerüstet werden musste. Naturgemäß haben auch diese Baumaßnahmen Eingriffe in die unter- und oberirdische Bausubstanz sowie die Vegetation nach sich gezogen.

Gerade Burgruinen leben von der engen Verbindung aus menschengemachtem Mauerwerk und Vegetation. Diese kann entweder „wild“ sein und sich der Ruine ohne menschliches Zutun bemächtigt haben. Sie kann aber auch im Zuge der Mittelalterromantik des 19. Jahrhunderts bewusst gepflanzt worden sein, um die Burg als romantisch überwucherte Ruine zu inszenieren. Hier ist beispielhaft die Brömserburg in Rüdesheim zu nennen, die ab 1811 von der Grafenfamilie Ingelheim in einen romantischen Wohnsitz umgestaltet wurde und im Zusammenhang mit der Anlage eines Landschaftsgartens sogar einen grünen Dachgarten erhielt (Abb. 5).

Besonders bei Burganlagen ist daher die erfolgte fachliche Trennung von Denkmalschutz und Naturschutz als besonders schmerzlich zu betrachten, obwohl beide Anliegen Ende des 19. Jahrhunderts in der Heimatschutzbewegung einen gemeinsamen wirkmächtigen Anfang hatten. Begründer der Hei-

matschutzbewegung war Ernst Rudorff (1840-1916), Komponist und Lehrer an der Berliner Musikhochschule. Erstmals bekannt wurde er einem größeren Publikum mit dem Aufsatz „Über das Verhältnis des modernen Lebens zur Natur“ im Jahre 1880, in dem er die Landschaftsveränderungen und Naturzerstörungen als Negativseite der Industrialisierung anprangerte.^{iv} Der Architekt Paul Schultze-Naumburg gilt als bekanntester Vertreter der Bewegung, als Wegweiser vor allem für die neu entstehende Baukunst und Denkmalpflege.^v Aufsehen erregte er mit seinen „Kulturarbeiten“ (erschieden zwischen 1901 und 1917). Darin widmete er sich, neben im weitesten Sinne ökologischen Fragen, vor allem der Architektur der Gründerzeit, den Problemen des Städtebaus und der Gebäudekunde.^{vi} Offensiv nutzte er die Mittel der Fotografie (er stellte positive und negative Bildbeispiele gegeneinander), um seinen Lesern gravierende „Verunstaltungen“ vor Augen zu führen. Wie kein zweiter hat er die Reformbewegungen der Zeit zusammengefasst und breiten Bevölkerungsschichten zugänglich gemacht. Diese integrale Betrachtung von Natur- und Landschaftsschutz, Dorf- und Stadtbildpflege, Denkmalschutz sowie der Traditions- und Brauchtumpflege ist nach dem Zweiten Weltkrieg weitgehend verloren gegangen. Das lag neben gesellschaftlichen Entwicklungen an der fachlichen Ausdifferenzierung und Spezialisierung in Zusammenhang mit der Erarbeitung eigener wissenschaftlicher Grundlagen der Fächer und daraus hervorgehender unterschiedlicher rechtlicher Instrumentarien.^{vii}

Diese heute scheinbar unüberbrückbaren Differenzen spiegeln sich auch in der Arbeit der verschiedenen, hochengagierten Vereine in Königstein wider, die sich ehrenamtlich um die Burganlage kümmern. Hier ist z.B. der Burgverein Königstein e.V. zu nennen, der sich entsprechend seiner Satzung der Heimatpflege und Heimatkunde widmet, das Burgfest durchführt, Veröffentlichungen zur Geschichte von Stadt und Burg herausgibt, an Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen für die Burganlage mitwirkt sowie Mittel zur Erhaltung und Nutzung der Burg aufbringt. Fehlen darf auch nicht der Verein „Denkmalpflege Königstein e.V.“, der für die Erhaltung aller Kulturdenkmäler in der Stadt eintritt, die Burg aber als wichtigstes profanes Denkmal besonders im Fokus hat und sich für Erhaltungsmaßnahmen stark macht. Und es ist zu nennen der Verband BUND Königstein-Glashütten, der für die Erhaltung von

Natur- und Umwelt sowie für Umweltbildung und Information eintritt und der sich besonders für den Erhalt von Flora und Fauna auf Burg Königstein einsetzt. Zwischen diesen Institutionen gab es in der Vergangenheit fachliche Auseinandersetzungen um den richtigen Umgang mit der Burg, so z. B. um



Abb. 3: Stark verholzte Mauerbereiche an der Nordflanke (Bildarchiv LfDH 2018).



Abb. 4: Vollflächig saniertes Mauerwerk am Mittleren Rondell (Bildarchiv LfDH 2013).



Abb. 5: Foto Brömserburg von Südosten (Bildarchiv LfDH 1950).

die Frage, wie weitgehend die Burg von Bewuchs befreit werden solle. Auch das Vorgehen bei der Instandhaltung der Burgmauern, das für die Stadt Königstein seit Jahrzehnten einen enormen Kraftakt bedeutet, war immer wieder Thema, dem sich auch die Vereine annahmen.

Der entscheidende Wendepunkt kam im Zuge neuer anstehender Sanierungs- und Entgrünungsmaßnahmen an der Burg, zu der die Untere Naturschutzbehörde hinzugezogen wurde. Sie forderte ein floristisch-faunistisches Gutachten, das die Stadt Königstein beauftragte und das im Jahr 2013 von Dipl.-Biol. Matthias Fehlow aus Kelkheim-Fischbach vorgelegt wurde. Ziel der Untersuchung war es, einen Überblick über die Bedeutung der Burg für ausgewählte Artengruppen zu erhalten sowie das naturschutzfachliche Konfliktpotential für nun anstehende sowie zukünftige Baumaßnahmen aufzuzeigen. Auch sollten erste Vorschläge zur Konfliktlösung bzw. -minimierung unterbreitet werden. Herr Fehlow regte bereits an, ein gemeinsames Pflege- und Entwicklungskonzept zu erarbeiten, das die Belange von Denkmal- und Naturschutz sowie auch der Besuchernutzung integriert.

Auch aus denkmalpflegerischer Sicht schien es dringend nötig, ein koordiniertes Vorgehen auf Grundlage einer systematischen Grundlagenerfassung der Burganlage zu entwickeln. Bislang war es

Usus gewesen, Mauerabschnitte nach Dringlichkeit zu bearbeiten, ohne dass über Alter, Funktion oder Baudetails der Bausubstanz nähere Erkenntnisse vorlagen oder begleitend untersucht wurden. So forderte das Landesamt für Denkmalpflege nun in einem ersten Schritt die Erarbeitung eines bauhistorischen Gutachtens, das die Geschichte und die verschiedenen Bauphasen der Burg analysiert. Der Auftrag ging an das Burgenbüro Dr. Strickhausen in Lahntal-Caldern. Das Gutachten wurde 2015 fertiggestellt. Hier schon wurden erste Anregungen für den Umgang mit der Vegetation gegeben. Aus der Analyse beider Gutachten ergab sich nun wie von selbst die Konsequenz, ein Burgpflegewerk zu erarbeiten, das die Belange von Denkmal- und Naturschutz zusammen in den Blick nimmt. Solcherlei Überlegungen sind nicht neu. Beginnend Ende der 90er-Jahre wurde im Rahmen eines DBU-Modellprojekts „Festung Rosenberg in Kronach“ untersucht, wie während einer Sanierungsmaßnahme Flora und Fauna gemeinsam mit der Denkmalsubstanz erhalten werden können. Ein wichtiges Ergebnis war, dass eine Kompromisslösung, die naturschutzfachliche Aspekte in die Mauersanierung einbezieht, nachhaltiger wirkte als eine konventionelle Sanierung. Die im Projekt entstandenen Leitfäden konnten dem hier erarbeiteten Burgpflegewerk als Grundlage dienen.

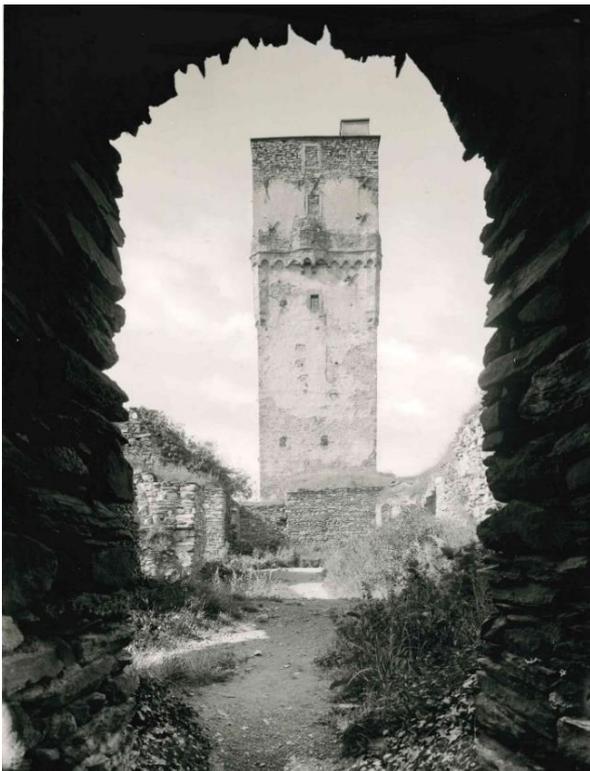


Abb. 6: Romantisierender Blick um 1900 auf den Bergfried der Burg Königstein mit historischen Putzen sowie Vegetation an Mauerflanken und auf Mauerkronen (Bildarchiv LfDH, undatiert).

Auch in Königstein ergab sich auf engagiertes Betreiben des Instituts für Steinkonservierung e. V. (zu Anfang durch Frau Dr. Egloffstein begleitet) die Gelegenheit, einen Antrag auf Förderung bei der DBU zu stellen, der erfreulicherweise positiv aufgenommen wurde. Damit startete ein dreijähriges Projekt, das mit dieser Publikation erfolgreich abgeschlossen werden kann. Das Ergebnis ist ein modellhaftes, interdisziplinäres Burgpflegewerk. Es gibt der Stadt Königstein einen detaillierten Leitfaden zum künftigen Umgang mit der Burg an die Hand, um mit der Bausubstanz sowie mit Flora und Fauna gleichermaßen nachhaltig und respektvoll umzugehen. Idealerweise wird sie damit sogar lang-

fristig in die Lage versetzt, durch schonende und frühzeitige Pflege- und Reparaturmaßnahmen auf einige teure Großmaßnahmen verzichten zu können. Wünschenswert wäre, dass die Stadt Königstein durch ein modernes didaktisches Konzept zukünftig nicht nur die Burg selbst und ihre lange Geschichte, sondern auch die darin vorkommenden Lebensgemeinschaften öffentlichkeitswirksam präsentiert. Als bedeutendes historisches Kulturlandschaftselement im Taunus würde sie eine immense Aufwertung erfahren und lebendiges Zeichen für die Versöhnung von Natur- und Denkmalschutz sein – ganz im Sinne der Heimatschutzbewegung (Abb. 6).

ⁱ Vgl. Breitling, Stefan: Burgenlandschaften als Kulturlandschaften. In: „Historische Kulturlandschaft und Denkmalpflege.“ Veröffentlichung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V., Band 19, S. 148-154, besonders S. 153.

ⁱⁱ Burgenbüro Dr. Strickhausen: Burg Königstein – Burgpflegewerk, 3 Bände, 2020, Teil 1, Textband, S.15.

ⁱⁱⁱ In Königsteiner Woche, Jg. 31, Nr. 49 vom 7.12.2000.

^{iv} Rudorff, Ernst: „Über das Verhältnis des modernen Lebens zur Natur.“ In: Preußische Jahrbücher 45/1880, S. 261-276.

^v Vgl. Ringbeck, Birgitta: Architektur und Städtebau unter dem Einfluss der Heimatschutzbewegung.

In: Antimodernismus und Reform: zur Geschichte der deutschen Heimatbewegung. Hrsg.: Edeltraud Klüeting. Darmstadt 1991, S. 216-287, hier S. 218f.

Vgl. zu Schultze-Naumburg „vom Kulturreformer der Jahrhundertwende zum Kulturpolitiker im Dritten Reich“ die Publikation von Borrmann, Norbert: Paul Schultze-Naumburg 1869-1949. Maler, Publizist, Architekt. Vom Kulturreformer zum Kulturpolitiker im Dritten Reich. Essen 1989.

^{vi} Vgl. Knaut, Andreas: Zurück zur Natur! Die Wurzeln der Ökologiebewegung. Greven 1993. In: Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege 1, 1993, S. 55.

^{vii} Vgl. Burgpflegewerk, S. 16, mit Bezug auf Schaub, Uta: Problemstellungen in der Auseinandersetzung zwischen Gartendenkmalpflege und Naturschutz (Vortrag im Rahmen der Facharbeitsgespräche des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums am 29.8.2001) <http://edoc.hu-berlin.de/kunsttexte/download/denk/schaubs.pdf> (eingesehen am 12.01.2015).

Gerd Strickhausen und G. Nina Strickhausen-Bode

Das Burgpflegewerk für die Burgruine Königstein im Taunus in allgemeiner Sicht

1. Einleitung

Der vorliegende Beitrag bündelt in knapper Form die allgemein gültigen Ausführungen des Burgpflegewerks für die Burg Königstein zu den theoretischen Grundlagen, zum Leitbild und zu den wichtigsten Maßnahmen.

Für die Erhaltung von Burgruinen ist das Entholzen der Mauern unabdingbar. Dies führt aber in der Regel dazu, dass – unnötigerweise – die gesamte Mauerflora beseitigt wird. Entholzungen, gar Entgrünungen in und um Burgen ziehen oft genug Auseinandersetzungen zwischen Denkmalpflegern und Naturschützern in der Bevölkerung wie auch in Behörden nach sich, die natürlich jeweils die eigenen Vorstellungen im Focus haben. Vor diesem Hintergrund wäre es wünschenswert, über allgemeine Leitlinien für die Pflege von Burgruinen zu verfügen, die die berechtigten Interessen von Denkmalpflege und Naturschutz integrieren und zugleich nachhaltig sind.

Das Bestreben, die Belange von Denkmalschutz und Naturschutz miteinander zu verbinden und auf Erkenntnisse aus einem anderen ebenfalls an Burgen durchgeführten DBU-Projekten aufzubauen, war mit ein Grund für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) das Burgpflegewerk zu fördern unter

dem Titel: „Denkmalpflege mit Natur – Naturschutz mit Denkmal. Entwicklung eines innovativen, interdisziplinären und modellhaften Burgpflegewerks für die Burgruine Königstein (Hessen)“. Projektbeteiligte bzw. wichtige -partner waren die Stadt Königstein als Eigentümer der Ruine, das Burgenbüro Dr. Strickhausen, das Institut für Steinkonservierung e. V. (Dr. Steindlberger), das Landesamt für Denkmalpflege Hessen (Dr. Jakobi), das Büro Plantago (Dipl.-Biol. Teuber), das Ingenieurbüro Stolze (Stolze M. Sc.) und das Ingenieurbüro für Baustatik (Dipl.-Ing. Benninghoven) sowie der Verein Denkmalpflege Königstein e. V. (Frau Jung) und der BUND Königstein-Glashütten (Frau Jacobowsky), die beide im Vorfeld stark unterschiedliche Positionen hatten.

Die Förderung durch die DBU ermöglichte es, in der dreijährigen Projektzeit (2017-2019) verschiedene Versuche durchzuführen, z. B. zur Entholzung der Mauern, zur Pflege der Außenbereiche, zur Verwendung verschiedener Mörtel für Mauerkronen und zum Schutz neu sanierter Mauerkronen durch Begrünung. Die so gewonnenen Erkenntnisse sollen Maßnahmen des Burgpflegewerks für die Burg Königstein fachlich begründen und zugleich modellhafte Pflegeempfehlungen geben.



Abb. 1: Burg Königstein, von Gehölzen völlig verstellter Blick auf die Neue Bastion vom Burgweg aus, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Sept. 2018.

2. Denkmalpflege und Naturschutz

Burgen als wichtige bauliche Zeugen der Kulturgeschichte sind für das Hoch- und Spätmittelalter geradezu charakteristisch. Seit dem Spätmittelalter sind Burgen vielfach zu Ruinen geworden und stellen damit die Denkmalpflege vor ganz spezielle Aufgaben ihrer Erhaltung.



Abb. 2: Burg Königstein, vielfältige, aber unschädliche, weil nicht verholzende Mauervegetation, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Nov. 2017.

Als Ruinen kommt den Burgen aber eine neue, nicht minder charakteristische Bedeutung zu. Ihre Kombination günstiger Standortfaktoren bietet – oftmals schon seit Jahrhunderten – ganz besondere Lebens- und Rückzugsräume für seltene und heute vielfach auch bedrohte Pflanzen und Tiere, besonders für wärmeliebende und trockenheitstolerante Arten. Für die Natur sind Burgen selbstverständlich

keine Bau- und Kulturdenkmale, sondern – menschengemachte – Felsen mit Freiflächen und oft mit Höhlen in Form von Gewölben etc. Aufgrund ihrer mikroklimatischen Bedingungen weisen Burgruinen besondere Habitatqualitäten auf. Durch den Kalkmörtel aus ihren verfallenen Mauern haben sie meist ein anderes chemisches Milieu als die Umgebung. In kalkarmen Mittelgebirgen wie dem Taunus ist dies besonders wichtig. Die Burghänge mit dem Ruinschutt sind in der Regel nährstoffarm. Ihre Vielgestaltigkeit beinhaltet unterschiedlichste Lebensräume meist auf engstem Raum. Die zahllosen Spalten verschiedenster Größe im Mauerwerk sowie Öffnungen, in denen ehemals Gerüsthölzer oder Deckenbalken saßen, stellen vielfältige Lebensräume und Brutmöglichkeiten dar. Eine artenreiche spezielle Mauerflora mit Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten verstärkt diese positiven Eigenschaften der Burgruinen wiederum für die Fauna: Insekten, Spinnen, Reptilien, Fledermäuse etc. Langfristig konstante Lebensräume sind für ortstreue und langlebige Tierarten sehr wichtig. „Der Erhalt des ökologischen Gleichgewichts und der ökologischen Funktionalität an historischen Mauern ist von erheblicher Relevanz für den Naturschutz“¹. Gerade an den zahlreichen jahrhundertealten Ruinen von Burgen und Festungen konnten sich durch die besonderen Standortbedingungen und durch die meist geringen Störungen wertvolle Pflanzen- und Tiergemeinschaften entwickeln und erhalten. Erst nach einigen Jahrhunderten weisen Mauern ihren „optimalen Bewuchs“ auf².



Abb. 3: Burg Königstein mit Bruterfolgen von Turmfalken in Balkenlöchern und seit 2019 Uhubruten in großer Nische der Kernburg, Foto Uhu: webcam Stadt Königstein Juni 2020, Foto Falke: Burgenbüro Dr. Strickhausen Juni 2019.



¹ BEIERKUHNEIN et al. 2011, S. 1, 2.

² BRANDES 1996a, S. 148

In faunistisch-floristischer Hinsicht sind Burgen aber nicht nur für den Naturschutz wichtig, sondern auch als Zeugen der Siedlungsgeschichte³. Die heutige Siedlungsvegetation ist nicht ursprünglich, sondern erst im Verlauf vieler Jahrhunderte durch menschliche Tätigkeit wie z. B. das Roden der Wälder und die Landwirtschaft entstanden. Dabei wurden auch neue Arten besonders aus dem Mittelmeerraum und Südosteuropa eingeführt u. a. als Arznei-, Würz- oder Nutzpflanzen. Hinzu kamen seit dem Beginn der Neuzeit Pflanzen aus Übersee. Im Laufe der Zeit entstand eine charakteristische Vegetation. So können bestimmte Pflanzen und Pflanzengemeinschaften als Wüstungsindikatoren z. B. die Standorte abgegangener Burgen noch nach Jahrhunderten anzeigen. Die überkommene, charakteristische Vegetation gerade der Ruinen von Burgen und Festungen ist Teil des Denkmals und seines geschichtlichen Entwicklungsprozesses, daher sollte der Ensemble-Begriff auch die kulturgeschichtlich relevante Flora und Fauna umfassen⁴.

Ruinen sind stärkster Belastung durch die Witterung ausgesetzt, namentlich durch die Sonneneinstrahlung im Sommer und durch den Frost im Winter. Daher sind immer wieder Reparaturen und Sanierungen nötig. Leider wurden diese seit den 1950er Jahren lange Zeit aus heutiger Sicht unbefriedigend durchgeführt. In teuren Großmaßnahmen wurde seit den 1970er Jahren „für die Ewigkeit“ saniert. Mangelnde Nachhaltigkeit bzw. sogar Schadenträchtigkeit kennzeichnet viele ältere Maßnahmen. Durch die Verwendung stark zementhaltiger, zu harter und für den Feuchtetransport von innen nach außen zu dichter Mörtel entstanden in der Folgezeit charakteristische Schäden wie Zersetzung des historischen Kalkmörtels hinter den Ver fugungen, oder Abschalungen und Ausblühungen. Weil man die Mauern schlagregendicht, überhaupt wasserdicht machen wollte, wurden zudem allenthalben an den Ruinen Bauspuren beseitigt. Es wurden Mauerkronen egalisiert, Öffnungen wie Balken- und Rüstholzlöcher vermauert sowie flächendeckend alle Fugen und Baunähte verschlossen. Dies geschah zum einen möglichst kostengünstig im maschinellen Trockenspritzverfahren und zum anderen in leicht zu planenden, durchzuführenden und abzurechnen



Abb. 4: Burg Königstein, Pulverturm mit stark zementhaltiger Ver fugung und Gehölzen im Mauerwerk, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Aug. 2019.

den Großmaßnahmen, bei denen nicht einzelne Schäden behoben wurden, sondern überflüssiger Weise ganze Baukörper betroffen waren. Dies hatte sowohl aus Sicht der Denkmalpflege wie des Naturschutzes negative Folgen: für die einen Verlust originaler Bausubstanz und Beeinträchtigung der Aussagekraft der Ruinen als historische Primärquelle und für die anderen Verlust an Flora und Fauna allgemein und besonders an Lebensräumen wie z. B. Spaltenquartieren oder Brutplätzen.

Auf der anderen Seite sind sehr viele Burgen und Burgruinen ebenfalls seit den 1950er Jahren durch die Sukzession, also die Abfolge von Kräutern und Gräsern über Stauden hin zu Büschen und Bäumen immer weiter eingewachsen. Gehölze wachsen in und auf den Ruinenmauern und zerstören diese durch das Dickenwachstum ihrer Wurzeln. Efeu erklimmt die Mauern und bedeckt nicht nur die Kronen, sondern wurzelt dort auch und schädigt langfristig das Mauerwerk. Der Frost hat dann immer leichteres Spiel. Zugleich führt der Bewuchs zu zunehmend dunkleren und feuchteren Verhältnissen und reduziert mehr und mehr den so wertvollen Lebensraum für jene wärmeliebenden und trockenheitstoleranten Arten, den die Burgruinen eigentlich bieten könnten⁵.

Die Tatsache, dass das Außengelände der Burg Königstein – wie das so vieler anderer Burgruinen auch – seit der Mitte des 20. Jahrhunderts immer weiter zugewachsen ist, hat im Wesentlichen zwei allgemeine Gründe: zum einen wurden die Burgen

³ BRANDES 1996a, S. 145-149.

⁴ BRANDES 2013, S. 105.

⁵ BRANDES 1996b.



Abb. 5: Burg Königstein, südliche Eckvorlage der Kernburg vor und nach Sanierung unter Verlust von Baudetails, Repro: Bestand Krönke Historia und Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Mai 2015.

und Festungen in ihrer Nutzungszeit aus Sicherheitsgründen von Bewuchs frei gehalten. Besonders in schwierigen Lagen wurde das durch Beweidung mit Ziegen erreicht. Auch nach dem Ende der Burgen – im Fall von Königstein mit der Sprengung von 1796 – wurde die Beweidung fortgesetzt, da praktisch alle geeigneten Flächen als wertvolle Weidegründe dienten. Erst im Gefolge der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts

nahm dies allgemein langsam ab, das Ende der Nutzung der Ziegen als „Kuh des kleinen Mannes“ liegt in der Zeit des Wirtschaftswunders in den 1950er Jahren. Seitdem dehnte sich der Bewuchs vielerorts langsam wieder aus, und der manuelle Pflegeaufwand wurde stets größer. Spätestens seit den 1970er Jahren wurde diese Pflege aufgrund stetig steigender Lohnkosten immer weiter zurück gefahren.



Abb. 6: Burg Königstein, Blick auf die Neue Bastion hinter dichtem Baumbestand, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen März 2015.

Dadurch konnte die Sukzession mehr und mehr um sich greifen und die Burgen zunehmend in dem entstehenden „Wald“ verschwinden lassen. Zum anderen hat man dies lange Zeit nicht als Problem gesehen. Das liegt zu einem ganz erheblichen Maße daran, dass die Zunahme von Wald, bzw. in weiterem Sinne überhaupt das Wachsen von Bäumen allgemein, als etwas Positives und ausdrücklich Erwünschtes angesehen wurde. Der Grund liegt in der auf Nachhaltigkeit angelegten Forstwirtschaft seit dem 19. Jahrhundert, die nach der Vernichtung vieler Wälder durch Übernutzung im Spätmittelalter und der Frühen Neuzeit wieder zu einer Ausdehnung der Waldflächen führte. Heute besteht in Deutschland so viel Wald wie seit über 1000 Jahren nicht mehr – damals begann im Zuge der Binnenkolonisation das Roden der Wälder im großen Stil. Die Ausdehnung der Wälder hat aber die Situation zur Folge, dass die Burgen als Denkmale hinter Bäumen nicht mehr wahrgenommen werden können, von Gehölzen im Mauerwerk zerstört werden und oftmals ihre Rolle als wertvolle Standorte für xerophile Arten verloren haben.

3. Ruinen und Bewuchs – Erkenntnisse aus dem DBU-Projekt Festung Rosenberg in Kronach

Das Thema Bewuchs auf Ruinen wurde schon früh, aber nur vereinzelt behandelt. Besonders der österreichische Burgenforscher JOSEPH SCHEIGER (1801-1886) hat sich seit den 1820er Jahren wiederholt dazu geäußert⁶. Mit dem Entstehen der modernen Denkmalpflege Anfang des 20. Jahrhunderts erfuhr diese Problematik systematische Behandlungen⁷. Auf dem Tag der Denkmalpflege in Danzig 1910 trug der bayrische Generalkonservator Dr. GEORG HAGER (1863-1941) in einem ausführlichen Beitrag die Ergebnisse einer umfangreichen Befragung von mehr als 700 Ämtern und Einzelpersonen aus Bau- und Forstverwaltungen, Denkmalschutz und von Architekten unter dem Titel: „Einfluß der Vegetation auf die Baudenkmäler“ vor. Dieser Vortrag wurde in verschiedenen Fachzeitschriften publiziert⁸. Dabei wurde nicht nur das Schadenpotential von Bewuchs behandelt, sondern auch sein



Abb. 7: Burg Königstein, Pulverturm mit Gehölzen im Mauerwerk,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen März 2015.

Schutzpotential. Ein 1911 publizierter Auszug des Vortrags widmete sich nur dem Thema „Einfluß des Efeus auf Bauwerke“⁹. Alle Veröffentlichungen der Folgezeit fußen auf Hager. In der politisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich von vielen Problemen belasteten Zeit vom Ausbruch des 1. Weltkriegs bis zum „Wirtschaftswunder“ in den 1950er Jahren gerieten die Erkenntnisse Hagers in Vergessenheit.

Außerdem entstand seit der Mitte des 20. Jahrhunderts bei Burgen und Festungen bzw. ihren Ruinen ein Konflikt zwischen den Interessen der Denkmalpflege und denen des Naturschutzes durch „methodische Differenzierungen, der Spezialisierung im Rahmen der Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen sowie mit der Institutionalisierung und der damit verbundenen Einführung unterschiedlicher rechtlicher Instrumentarien“¹⁰.

Um die Behandlung von Flora und Fauna auf Denkmalen (wieder) auf eine wissenschaftlichen Grundlage zu stellen, wurde mit Förderung durch die DBU

⁶ SCHEIGER 1824, S. 532, Sp. 2. SCHEIGER 1853, S. 7. SCHEIGER 1857, S. 1-6.

⁷ HAGER 1913.

⁸ So z. B. HAGER 1913.

⁹ HAGER, Efeu 1911.

¹⁰ SCHAUBS 2001, S. 9.

ein entsprechendes Modellprojekt durchgeführt¹¹. Auf wissenschaftlicher Basis sollte geklärt werden, wie die Lebensgrundlage seltener Tiere und Pflanzen gleichzeitig mit der Denkmalsubstanz erhalten werden kann, und es sollten die Ergebnisse als „ein allgemein verständlicher und praxisbezogener Leitfaden“ dargelegt werden¹².

In den Jahren 1998 bis 2001 wurden am Sandsteinmauerwerk der Festung Rosenberg in Kronach (Kr. Kronach, Bayern) „neue Sanierungstechniken für Sandstein entwickelt, bei denen erstmals auch naturschutzfachliche Belange Berücksichtigung fanden“¹³. Schon 1993 war hier eine kleinere Musterfläche entstanden. 2001 legte man in Abstimmung mit dem Bayrischen Landesamt für Denkmalpflege und dem für die Festung Rosenberg zuständigen Bauamt in Coburg als Musterachse eine über 30 Meter lange und drei Meter hohe Musterfläche in drei unterschiedlichen Bearbeitungsweisen an: eine naturverträgliche Instandsetzung als Minimaleingriff unter Beachtung naturschutzfachlicher Aspekte, eine konventionelle Sanierung mit dem bei Sanierungen bislang üblichen Vorgehen und eine Kompromisslösung mit der Berücksichtigung zentraler Anliegen beider Vorgehensweisen¹⁴.

Es wurden Kosten auf 30 Jahre Laufzeit ermittelt und die Musterflächen unterlagen im Abstand von mehreren Jahren einem Monitoring. 2005 wurde bei der DBU und der Oberfrankenstiftung in Bayreuth ein zweites Projekt beantragt (durchgeführt 2006), sowohl zur Nachuntersuchung der Kronacher Musterflächen als auch zur Ausweitung der Untersuchungen auf das Baumaterial Kalkstein. Drei Burgen in der fränkischen Schweiz wurden in diesem Rahmen ebenfalls untersucht: Burg Giechburg (Ldkr. Bamberg), Burg Waischenfeld und Burg Rabenstein (beide Ldkr. Bayreuth).

Nach einer ersten zusammenfassenden Darstellung¹⁵ wurde 2011 die abschließende Publikation mit den Ergebnissen des Projekts vorgelegt¹⁶. Behandelt werden unter anderen die Auswirkungen von Instandhaltungs- und Restaurierungsmaßnah-

men auf Fauna und Flora sowie auf die Schadenentwicklung an der Musterachse, naturverträgliche Instandhaltung und Restaurierung, Pflege der Mauern und Grünflächen sowie ein Ablaufschema einer naturverträglichen Instandsetzung.

Ein wichtiges Ergebnis des Projekts war die geringe Nachhaltigkeit der konventionellen Sanierung – die aufwendig physisch und chemisch gereinigten Flächen wurden schnell wieder besiedelt, allerdings deutlich artenärmer: „gerade gründliche und umfassende Maßnahmen besitzen eine überraschend kurze Haltbarkeit“¹⁷. Dagegen „dient eine schonende Instandsetzung von ... Mauern dem Erhalt der Bausubstanz und der Biodiversität mehr als aufwendige und wiederholt durchgeführte Sanierungen“ mit Abnahme des Bewuchses. „Pflanzenbewuchs kann auf Dauer nicht verhindert werden“.

Die im Rahmen der genannten DBU-Projekte erarbeiteten Leitfäden dienen dem Burgpflegewerk für die Burg Königstein als Grundlagen. Das nachgewiesene Schutzpotential von nicht verholzendem Bewuchs auf Mauern legt es nahe, diesen nicht nur zu tolerieren sondern gezielt zum Schutz speziell der Mauerkrone einzusetzen. Bei dem Projekt Burg Königstein lag der Focus auf Moosen.

4. Schutz- und Schadenpotential der Mauervegetation

Auch wenn HAGER 1913 schon überlegte, „ob nicht unter Umständen Pflanzenwuchs die Verwitterung verlangsamt und aufhält, also einen Schutzfaktor des Bauwerks bildet“¹⁸, so entbehrte die Diskussion über Schaden- und Schutzpotential von Bewuchs auf Mauern bis zum DBU-Projekt Festung Rosenberg bei Kronach gesicherter Grundlagen¹⁹. Eine wesentliche Erkenntnis aus dem Projekt ist, dass die gesamte Mauervegetation aus konservatorischer Sicht grundsätzlich in zwei Kategorien einzuteilen ist: Schadenpotential haben alle Gehölze, also Bäume und Sträucher, und einige tief reichende Pfahlwurzler wie Königskerzen; Schutzpotential haben alle anderen Pflanzen wie Kräuter,

¹¹ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 6-15.

¹² BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 7.

¹³ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 7.

¹⁴ Erste Erfahrungen und Pflegehinweise veröffentlichte das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege 2002, PICK et al. 2002.

¹⁵ DREWELLO 2010, S. 158-169.

¹⁶ BEIERKUHNLIN et al. 2011.

¹⁷ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 1f. Danach auch die folgenden Zitate. Siehe auch: DREWELLO u. DREWELLO 2009, S. 166.

¹⁸ HAGER 1913, S. 102.

¹⁹ PICK et al. 2002, S. 5.

Gräser, Farne, sowie Flechten und Moose. Der Umgang mit Efeu erfordert eine sehr differenzierte Betrachtung. Der Schutz besteht in der Abmilderung von Umwelteinflüssen, insbesondere von Temperaturspitzen. Eine lediglich ästhetisch begründete Beseitigung des nicht verholzenden Bewuchses sollte unterbleiben.

4.1 Gehölze

Das enorme Schadenpotential von Gehölzen im Mauerwerk ist schon seit ca. 200 Jahren bekannt und war und ist nicht umstritten. Schon 1824 hat SCHEIGER auf die „Zerstörung von alten Gebäuden ... [durch] die so schnell in den Ritzen wurzelnden Fichten“ hingewiesen²⁰, und 1853 schreibt er: „Die aus den Trümmern hervorwachsenden Bäume und Gesträuche drücken das Gemäuer durch die unruhige Kraft ihrer Wurzeln, durch die zunehmende Dicke, der in die Ritzen geklemmten Stämme unwiderstehlich auseinander“²¹. Auch HAGER schreibt 1913: „Ausnahmslos sehr gefährlich wirken Holzgewächse, große Sträucher und Bäume, die auf Mauerwerk wurzeln“²².

Die Wurzeln der Gehölze dringen in das Mauerwerk ein und bauen u. a. das Bindemittel im Mörtel, den Kalk, ab. Besonders schadenträchtig ist das Dickenwachstum. Es führt zu irreversiblen Verformungen, Ausbauchungen und Druckspannungen, die erst zur Zerstörung der Mauerschale und dann des Mauerkerns führen. Dies hat ein stetiges Herabfallen von Mauersteinen zur Folge, bisweilen auch größere Mauerausbrüche.

Sehr schadenträchtig ist verholzender Bewuchs an den Mauerkronen und in den geböschten Wänden wie denen der beiden Königsteiner Bastionen. Letztere zeigen einen sehr starken Aufwuchs von Gehölzen wegen des starken Sameneintrags in den schrägen Mauern und aufgrund der Tatsache, dass die Futtermauern derartiger Erdkörper im Gegensatz zu freistehenden Mauern selbst in den trockensten Sommern (2018, 2019) reichlich Feuchtigkeit für die Gehölze bereit stellen (vgl. Beitrag STOLZE).



Abb. 8: Burg Königstein, Pulverturm mit Schäden durch eine Birke auf der Mauerkrone, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Nov. 2017.



Abb. 9: Burg Königstein, Außenmauer des Ostzwingers mit einem Baum im Mauerwerk und mit Efeu, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen April 2017.

²⁰ SCHEIGER 1824, S. 532.

²¹ SCHEIGER 1853, S. 7. Ausführlich SCHEIGER 1857, S. 2f.

²² HAGER 1913, S. 108.

Besonders in Mauern bis ca. 4 m unterhalb der Mauerkrone sind starke Schäden zu beobachten, während die große Auflast im unteren Bereich höherer Mauern das Auftreten von Schäden zumindest verlangsamt. Bei Bruchsteinwerk ist der Schadenverlauf schneller und gravierender als z. B. bei Quaderwerk. Im Mauerwerk wurzelnde Bäume können beim Umstürzen (Sturm) große Schäden verursachen.

Gehölze im Mauerwerk sind grundsätzlich vollständig zu entfernen. Ausnahmen können allenfalls pittoreske oder unter Schutz stehende, gut kontrollierbare Einzelexemplare sein wie etwa die 300-jährige Kiefer auf der Schildmauer des Schlosses Auerbach b. Bensheim-Auerbach an der Bergstraße.

4.2 Efeu

Gerade die Behandlung von Efeu an Baudenkmalen, Gebäuden überhaupt, führt immer wieder – auch in Königstein – zu Auseinandersetzungen zwischen Denkmalpflegern und Naturschützern.



Abb. 10: Burg Königstein, Neue Bastion mit dichtem Bestand an verholztem Bewuchs und Efeu, der in den Mauern wurzelt,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Febr. 2018.

Daher wird dem Thema hier größere Aufmerksamkeit gewidmet.

Efeu (*Hedera helix*) ist eine immergrüne, selbstklimmende Pflanze und der einzige heimische (Haft-) Wurzelkletterer in Mitteleuropa²³. Jährlich wächst Efeu zwischen einem und über zwei Meter und kann bis über 20 m Höhe erreichen. Efeu kann über 150 Jahre alt werden, das geschätzte Höchstalter liegt bei 450 Jahren. Junge Efeuranken haben ein negativ phototropes (dem Licht abgewandtes), dabei tendenziell aufwärts gerichtetes Wachstum. Jungpflanzen bilden Haftwurzeln am Neuaustrieb. Efeu ist eine wichtige Futterpflanze. Ab einem Alter von ca. 10-20 Jahren blüht der Efeu im September bis Oktober. Die späte Blüte im Herbst ermöglicht nektarsaugenden Insekten die Futterraufnahme. Entgegen einem verbreiteten Irrtum handelt es sich hierbei aber nicht um Beutetiere von Fledermäusen. Zwischen Februar und April sind die 8–10 mm großen Früchte in Form schwarzblauer Beeren reif und bilden eine wichtige Nahrungsquelle für Amseln, Drosseln, Stare.



Abb. 11: Königstein, Mauer am Burgweg mit Efeu, der in der Mauer wurzelt,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Febr. 2020.

²³ Angaben nach HAASE 2011.

Auch als Habitat spielt Efeu eine wichtige Rolle. Das dichte Efeugeflecht bietet zahlreichen Vögeln wie etwa Zaunkönig, Zilp-Zalp, Sommergoldhähnchen Nist- und Schlafplätze.

Erreicht ein Trieb des Efeus nahrhafte, feuchte Bereiche – z. B. im Mauerwerk – werden die Haftwurzeln in Nährwurzeln umgebildet. Efeu ist in der Lage Kalkmörtel zur Ernährung zu zersetzen. „Durch die Ausscheidung von Säure-Ionen wie Wasserstoff-Ionen, Hydrogencarbonat-Ionen sowie komplexbildende Malat-, Citrat- und andere Ionen werden im Austausch Nähr-Ionen wie Kalzium, Kalium aus dem Substrat gelöst und von der Pflanze aufgenommen“²⁴.

Das Schadenpotential von Efeu ist am geringsten, wenn er im Boden am Mauerfuß wurzelt. Ist der Stamm des Efeus beschnitten oder durchtrennt, bildet die Pflanze zur Kompensation des nun fehlenden Wurzelwerks seine Haftwurzeln zu Nährwurzeln um. Gerade bei Ruinen, bei erdberührtem Mauerwerk oder bei Bauten mit maroden Dächern etc. führt dies zu weiterem Wachstum, da hier genügend Feuchtigkeit im Mauerwerk vorhanden ist. Die aus dem Dickenwachstum der Nährwurzeln resultierende Schädigung des Mauerwerks entspricht der durch Gehölze. Der Efeu ist dann unbedingt vollständig zu entfernen. Dies sollte immer von oben nach unten erfolgen und zwar restlos, da auch kleine Triebe überdauern und in der Mauer wurzeln können.

Abb. 12: Burg Königstein, Ostzwinger, Efeu wurzelt an vielen Stellen im Mauerwerk und in den Mauerkronen. Am Mauerfuß wurden wenige Jahre zuvor die Efeustränge durchtrennt, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen April 2017.



Seit langem wird sowohl das Schutz- als auch das Schadenpotential von Efeu kontrovers diskutiert. Schon 1806 schreibt ein ungenannter Autor: „Neuen Mauern, woran er aufrankt, soll der Epheu, wiewohl man sonst das Gegentheil glaubte, nicht nachtheilig seyn, sondern sie vielmehr gegen Wind und Regen schützen. Alten Mauern aber, an denen der Kalk verdorben ist, und die Fugen offen stehen, ist er schädlich, weil er sich zwischen die Fugen eindringt, sich darin befestigt, und in die Dicke einwächst“²⁵. SCHEIGER spricht sich 1853 gegen den „malerischen Epheuteppich“ an den Mauern aus, wenn man Burgen erhalten wolle²⁶. 1857 beschäftigt er sich ausführlich mit Efeu an Ruinenmauern, argumentiert gegen die Annahme, dieser könne im Verband zerstörtes Mauerwerk dauerhaft zusammenhalten, meint, dass Efeu „einer starken, gut erhaltenen Quadermauer wenig oder äußerst langsam schadet“ und schreibt weiter: „Übrigens hat der Epheu Wurzeln und zwar recht kräftige, und diese bedürfen Raum und wenn sie ihn nicht finden, schaffen sie sich denselben mit Gewalt. – Da nun solche Gewalt dem alten Gemäuer Gefahr bringt ... kann ich ihn von der, über die Pflanzenwelt in den Ruinen ausgesprochenen Verbannung nur in höchst seltenen Fällen ausnehmen, wenn er nämlich in naturhistorischer Beziehung eine ganz besondere Merkwürdigkeit bildet, und auch dann nur dort, wo er wenig oder sehr langsam schadet“²⁷.

²⁴ HAASE 2011, S. 109, nach SCHROEDER 1992.

²⁵ N. N. 1806, S. 411.

²⁶ SCHEIGER 1853, S. 7.

²⁷ SCHEIGER 1857.

HAGER 1911 betont das Schutzpotential von Efeu an intakten Mauern und Gebäuden und erläutert als Fazit seiner Untersuchung, „daß der Efeu unter Umständen den Bauten allerdings auch schweren Schaden zufügen kann. Der Angelpunkt der Efeufrage liegt in der Güte und Härte des Baumaterials, in der dichten Fugung und in dem gut bindenden und haftenden Mörtel. Sind das Baumaterial, der Mörtel und der Verband schlecht, so sind Schäden zu gewärtigen“²⁸. Diese Äußerungen entsprechen im Großen und Ganzen dem heutigen Kenntnisstand. Wenn Efeu dennoch an Ruinen geduldet wurde, dann oft wegen seines malerischen Werts.

2011 wurden im Rahmen des DBU-Projekts Festung Rosenberg in Kronach 20 Burgen und Wehranlagen in fünf Bundesländern untersucht, um das Schadenpotential von Efeu in Abhängigkeit von dem verwendeten Steinmaterial zu beurteilen²⁹. Während bei dem weit verbreiteten Sandstein und Kalkstein das Schadenpotential gering bis moderat eingeschätzt wurde, war es bei Schiefer am Mittelrhein ausnahmslos hoch bis sehr hoch (Stadtmauer Oberwesel, Schönburg, Burg Rheinberg). Es wurden keine Burgen mit Serizit wie im Taunus unter-

sucht, aber die Auswirkungen auf dieses Gestein dürften mit denen auf Schiefer vergleichbar sein.

In einer englischen Studie (2006-2010 und 2011-2015) wurde u. a. das Schutz- und Schadenpotential von Efeu umfassend wissenschaftlich untersucht³⁰ mit dem Ergebnis, dass man das Wuchsverhalten von Efeu an Mauern grundsätzlich nicht verallgemeinern kann und das Schadenpotential abhängig vom Zustand des Mauerwerks und dem Gestein ist.

Zur Pflege von Efeu an Denkmälern hat HAGER 1913 bis heute gültige Hinweise formuliert: „... will man den Efeu dennoch schonen, muss durch sorgfältige Überwachung und periodische Untersuchung des Objekts vorgebeugt werden; der Efeu muß von Zeit zu Zeit gründlich aus- und zurückgeschnitten, das Mauerwerk ausgebessert werden; auch dem Reinhalten des Efeus ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen; wird der Efeu nicht von absterbenden Blättern, verlassenen Vogelnestern, auch Mäuse- und Rattennestern, vom Kot der nächstliegenden Vögel gesäubert, dann bildet er in solchem faulendem Material stammständige Nebenwurzeln“³¹.



Abb. 13: Burg Königstein, der Pulverturm wurde im Nov. 2017 nicht vollständig vom Efeu befreit. Trotz der extrem trockenen Sommer 2018 und 2019 wächst der Efeu im Okt. 2019 weiter im Mauerwerk, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

²⁸ HAGER 1911, S. 86.

²⁹ BEIERKUHNLEIN et al. 2011, S. 86f.

³⁰ IVY ON WALLS 2017.

³¹ HAGER 1911, S. 86.

4.3 Moose

Moose haben zu Unrecht bis heute in der Baudenkmalpflege einen schadenträchtigen Ruf. Schon SCHEIGER 1824 hielt das Moos wegen der angeblich von ihm verursachten Feuchtigkeit für schädlich³². Auch HAGER 1913 schätzte Moos als gefährlich für Steinoberflächen ein wegen der Ausscheidung von Säuren, „auch halten sie die Feuchtigkeit fest und bereiten so bei Temperaturwechsel (Frost) Schäden vor“³³. Allerdings nennt er auch verschiedene Ansichten, die Moosen und Flechten eine Schutzfunktion für Mauerwerk zusprechen.

Bei dem DBU-Projekt Festung Rosenberg in Kronach konnte nachgewiesen werden, dass „die an der Festung aufgewachsenen Moose keine nennenswerten Schädigungen verursacht haben: ihre Rhizoide haften locker an den Kornoberflächen oder in Zwickeln der obersten Kornlagen der Sandsteine. Unterhalb abgenommener Moosdecken ist die originale Epidermis samt Bearbeitungsspuren mitunter ausgezeichnet erhalten. Weitere Indizien für das geringe Schadenpotential sind der sehr geringe Anteil an Gesteinssubstanz innerhalb der Vegetationskörper und das unveränderte Festigkeitsprofil bewachsener Quaderoberflächen. Demnach kann die biologische Verwitterung durch Moose vernachlässigt und im Vergleich zur physikalischen Verwitterung als äußerst gering eingestuft werden“³⁴. „Dass Moose die Festigkeit der Gesteinsmatrix nicht herabsetzen und keine, die Auflösung des Kornverbands beschleunigende Wirkung haben, ist pflanzenphysiologisch zu begründen und lichtmikroskopisch nachweisbar“³⁵.

Die verbreitete Vermutung, Moose würden wegen der Speicherung von Feuchtigkeit der Frostsprengung an der Gesteinsoberfläche im Winter Vorschub leisten, ließ sich nicht bestätigen³⁶. Vielmehr wurden gerade unterhalb von Moosdecken auffallend intakte Steinoberflächen angetroffen. „Die Befunde lassen darauf schließen, dass Moosbewuchs Temperaturspitzen nivelliert. Dies hätte zum einen eine Abschwächung von Nachfrösten zur Folge, die insbesondere in Übergangszeiten und in den feuchten Monaten November und März eine Gefahr für Sandsteinoberflächen sind.



Abb. 14: Burg Königstein, Spitze Bastion mit dichtem Altbestand an Moosen,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Mai 2019.

Ein zweiter positiver Effekt ist die beschattende Wirkung in der Sommerperiode, durch die Temperatursprünge, das Aufheizen des Mineralgefüges und dessen thermisch induzierte Expansion abgemildert werden. ... Moose entfalten daher im Sommer eine ausgleichende und schützende Wirkung“³⁷. Die im Rahmen des DBU-Projektes auf Burg Königstein 2018 bis 2020 durchgeführten Langzeit-Temperaturmessungen an moosbewachsenen Partien der Mauerkrone belegen diese Annahme messtechnisch eindeutig (vgl. den Beitrag STOLZE).

Moose sind in ihrer Bedeutung für den Bauwerkserhalt weithin unterschätzt. Sie haben eine grundsätzlich schützende Wirkung für Maueroberflächen. Sie dämpfen die für die Mauersteine gefährlichen Temperaturspitzen. Die in den meisten Fällen allein ästhetisch begründete Entfernung von Moosen sollte grundsätzlich unterbleiben.

4.4 Flechten

Wie die Moose gelten auch die Flechten in der Baudenkmalpflege zu Unrecht als besonders gesteinschädigend. Im DBU-Projekt Festung Rosenberg in Kronach konnte vielmehr ein deutliches Schutzpotential von Flechten naturwissenschaftlich bestätigt werden³⁸. Es wurde ein „Schutzeffekt durch die biogene Kruste aufgrund ihrer Funktion als Wärme- und Feuchtepuffer, stützendes Korsett und ihrer wasserabweisenden Eigenschaften“ festgestellt³⁹.

³² SCHEIGER 1824, S. 532. SCHEIGER 1857, S. 3.

³³ HAGER 1913, S. 104.

³⁴ PICK et al. 2002, S. 15.

³⁵ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 66.

³⁶ DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 113.

³⁷ DREWELLO 2010, S. 163f.

³⁸ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 67-70, 164.

³⁹ PICK et al. 2002, S. 15.



Abb. 15: Burg Königstein, Spitze Bastion mit Altbestand an Flechten und Moosen,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Nov. 2017.

Flechten wachsen meist endolithisch – dringen also mit ihrem Myzel in den Stein ein – und werden in der Regel zu einem Bestandteil des (Denkmal-) Gesteins⁴⁰. Aufgrund der Verzahnung mit dem Untergrund lassen sich die meisten Flechten nur unter Einsatz drastischer Methoden zusammen mit dem bewachsenen Gestein abtrennen, wobei das Pilzmycel in der Tiefe des Gefüges bestehen bleibt. Durch das verbleibende Mycel ist die Entfernung des Flechtenbewuchses in keiner Weise nachhaltig⁴¹. Die Schädigung des Gesteins bei der Entfernung der Flechten war schon HAGER 1913 bekannt⁴², wurde um 1950 erneut beobachtet, fand jedoch keinen Eingang in die allgemeine Praxis⁴³. Der Substanzverlust wird auch im DBU-Projekt Festung Rosenberg bestätigt: „Reinigungsbemühungen zum Erzielen einer sauberen Oberfläche und zur vollständigen Abnahme biogener Beläge gerade in puncto Flechten sind extrem kontraproduktiv und schaden aufgrund der Verankerung der Organismen im Gestein diesem nachhaltig, weil sie mit einem millimetertiefen Abtrag verbunden sind. ... Die Erkenntnis hat aber noch nicht wirklich Eingang ins Bewusstsein der Fachwelt gefunden: Flechten gel-

ten deshalb trotz ihrer bewundernswerten Eigenschaften immer noch als unwillkommene Widersacher mit hohem Gefährdungspotenzial“⁴⁴.

Wie Moose sind auch Flechten in ihrer Bedeutung für den Bauwerkserhalt weithin unterschätzt. Sie sind in den allermeisten Fällen nicht schadenträchtig⁴⁵. Vielmehr haben sie besonders aufgrund hydrophober Eigenschaften eine Schutzfunktion für das bewachsene Gestein. Ihre Abnahme ist immer mit einem aus denkmalpflegerischer Sicht zu vermeidenden Substanzverlust der Gesteinsoberfläche verbunden. Die in den meisten Fällen allein ästhetisch begründete Entfernung von Flechten sollte grundsätzlich unterbleiben.

5. Denkmalpflege und Ästhetik

Gerade beim Erscheinungsbild von Denkmalen sind Denkmalpflege und Naturschutz oft schwierig in Einklang zu bringen. Das Verhältnis beider Disziplinen wird schnell problematisch, wenn Pflanzen „als ästhetische Störenfriede und Gefährdungspotenzial“ aufgefasst werden⁴⁶. „Die Frage, ob sie Bestandteil der Denkmalaussage sind, wird in der Regel nicht gestellt“⁴⁷. Vor allem in der Bevölkerung „werden bewachsene Mauerflächen generell mit negativen Folgewirkungen assoziiert“⁴⁸.

Im Nachgang des DBU-Projekts Festung Rosenberg in Kronach schreiben DREWELLO und DREWELLO: „Besser im Einklang mit der Natur, als gegen sie“ ist das wesentliche Resultat der Untersuchungen zur Auswirkung der Mauervegetation auf Sandstein und Kalkstein. Es hat sich gezeigt, dass bedenkenlose Eingriffe in das Gleichgewicht von Flora und Fauna im Lebensraum Mauer verheerende Folgen für das ökologische Gleichgewicht haben und gleichzeitig der Erhaltung des Mauerwerks und seiner Oberflächen weniger förderlich sind als gedacht.

⁴⁰ So auch DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 113: „Ihr Wachstum auf blankem Gestein, in das der Pilz abhängig von der Materialdichte mit seinem Hyphengeflecht bis zu mehrere Millimeter oder sogar Zentimeter vordringt, führt zu einer hartnäckigen und irreversiblen Verankerung im Substrat“.

⁴¹ „Der Zeitraum der Wiederbesiedelung und der Re-Konversion gereinigter Sandsteine in einer natürlichen Umgebung ist mit nicht mehr als fünf Jahren zu veranschlagen. Dies erbrachten systematische Beobachtungen am gesamten Kronacher Festungspentagon“, DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 115.

⁴² HAGER 1913, S. 105.

⁴³ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 67-72.

⁴⁴ DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 114.

⁴⁵ Eine Ausnahme bildet die Spezies *lecanora campestris*, die Gesteinsmaterial aktiv abtransportiert, also eine schädigende Wirkung haben kann, PICK et al. 2002, S. 15.

⁴⁶ DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 109.

⁴⁷ PICK et al. 2002, S. 5.

⁴⁸ DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 112f.



Abb. 16 (links): Burg Königstein, Heller Bogen mit unschädlichen Farnen, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen April 2017.

Abb. 17 (unten): Burg Königstein, Mauerwerk mit dichtem Bestand an Braunstieligem Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*), Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen März 2015.



Vor jeder Maßnahme an Burg- und Festungsanlagen sollte man daher Nutzen und Risiken abwägen. Denn in vielen Fällen ist der „Nutzen“ den kulturell verankerten Sauberkeits- und Machtvorstellungen geschuldet, die sich aus (durchaus berechtigten) Hygieneansprüchen im 19. Jahrhundert und dem althergebrachten Topos herleiten, man müsse sich die Natur untertan machen („Always struggling against nature“). In einer aufgeklärten und ökologisch gebildeten Gesellschaft scheint der Zeitpunkt gekommen, die ästhetische Wahrnehmung von Burg- und Festungsanlagen neu im Kontext ihrer natürlichen Umgebung zu diskutieren und für ein sinnvolles Tun – und vor allem Lassen – zu plädieren⁴⁹.

Es ist aber ein langer Weg von der wissenschaftlichen Erkenntnis zur allgemeinen Baupraxis. Gerade die subjektiven, ästhetisch motivierten Reinheitsvorstellungen am Denkmal erweisen sich als extrem zählebig. Die übertriebenen Reinheitsvorstellungen, die sich seit den 1960er Jahren manifestierten, speisen sich aus dem damaligen Zeitgeist, der seinen beredten Ausdruck in den Werbefiguren von Klementine für Ariel, Meister Proper oder der Zahnpasta „Strahler 70“ findet. „Nicht nur sauber sondern rein“ – „porentief rein“ scheint sich

als Maßstab auch für Denkmale verfestigt zu haben und wirkt bis heute.



Abb. 18: Burg Königstein, Eingang in den Dunklen Bogen mit unhistorischer starker Putzschicht, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen März 2015.

⁴⁹ DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 115f.



Abb. 19: Burg Königstein, Neue Bastion mit dichtem aber unschädlichem, weil nicht verholzendem Bewuchs, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Nov. 2017.

Selbstverständlich sollten moderne Zutaten an Ruinen einen technisch einwandfreien, sauberen, gepflegten Eindruck machen, da sich sonst schnell ein Eindruck von Verwahrlosung ergibt. Bei historischer Bausubstanz gilt eher das genaue Gegenteil, denn Bauspuren, Patina und (nicht verholzender) Bewuchs sind Ausdruck der geschichtlichen und ökologischen Bedeutung des Objektes. Hier sollten lediglich schadenträchtige Momente beseitigt werden.

Aber auch die ästhetischen Vorstellungen von am Naturschutz interessierten Laien – und dogmatischen Fachleuten – können schnell zum Problem werden. Oft gilt eine wild eingewachsene Burgruine als das romantische Idealbild einer Natur, die sich ehemaligen Handlungsraum des Menschen zurückerobert hat. Dabei wird leicht übersehend, dass durch die Sukzession diese Ruine ihre besonderen, eigentlich schutzwürdigen Standortbedingungen für xerophile Arten verloren hat. Vielfach wuchert hier nur „Allerweltsgrün“, sprengt die Mauern und vernichtet den auch aus der Sicht des Naturschutzes wertvollen Standort endgültig.

6. Methodische Überlegungen

In Abstimmung mit dem Landesamt für Denkmalpflege sollte das Burgpflegewerk in Anlehnung an Parkpflegewerke erarbeitet werden. Parkpflegewerke sind ein bewährtes Instrument in der Gartendenkmalpflege, das für komplexe Grünanlagen konzipiert ist. In einem Parkpflegewerk „sollen Grundsätze formuliert werden, die langfristig verbindliche Handlungsanweisungen zur Erhaltung der Anlage darstellen“⁵⁰. Die Parkpflegewerke sind dreistufig aufgebaut: Erfassung des Befunds, Formulierung von Leitlinien, Auflistung von Maßnahmen.

Außer diesem prinzipiellen Vorgehen sind Parkpflegewerke an sich allerdings nicht für Burgen oder Festungen geeignet. Nach BERMBACH 2011 „sind Parkpflegewerke für die relativ einfachen Strukturen von Fortifikationen zu aufwändig und in ihrer Detailgenauigkeit für Gesamtsysteme mit teils enormer Ausdehnung (z. B. Kölner Fortgürtel) letztlich, auch aus Kostengründen, wenig praktikabel und nicht oder nur für Teilbereiche notwendig“, etwa wenn in einem solchen später ein Park angelegt wurde; empfehlenswert sind hier eher „denkmalpflegerische Ziel- und Entwicklungskonzepte mit Festbeschreibung von typischen Gestaltungs- und Bepflanzungsmerkmalen ... Ein wichtiges Ziel ist auch die Verhinderung bzw. Beseitigung von durch mangelnde Pflege aufgekommenem Gehölzbewuchs, der Mauern, Gräben, ehemalige Exerzierplätze usw. verunklärt“⁵¹.

⁵⁰ MEYER 2000, S. 56.

⁵¹ BERMBACH 2011, S. 178f.

Im Areal der Burg Königstein wurde nach Aufgabe der Festung weder ganz noch in Teilen ein Park o. ä. eingerichtet, typische Gestaltungs- und Bepflanzungsmerkmale können also weder erhalten noch wiederhergestellt werden.

Weiterhin liegt ein grundsätzlicher Unterschied von Park oder Garten zu Burg oder Festung in der Möglichkeit der Wiederherstellung der Funktion. Ein Park kann durch entsprechende Maßnahmen auf seinen Ursprungszustand oder auch seinen wichtigsten Nutzungszustand zurückgeführt werden, und dies ist im Allgemeinen ein denkmalpflegerisches Ziel. Der Park kann heute wie damals als Park erlebt und genutzt werden. Burgen oder Festungen sind aber Jahrhunderte nach dem Ende ihrer eigentlichen Nutzung weit überwiegend Teil- oder Vollruinen bzw. schon wieder historische Rekonstruktionen. Die Wiederherstellung von Ruinen ist nicht mit den Grundsätzen moderner Denkmalpflege vereinbar. Rekonstruierte Burgen oder Festungen sind nicht mehr im Sinne von funktionierenden Wehrbauten erlebbar oder nutzbar, die historische Entwicklung im politisch-gesellschaftlichen wie auch im militärisch-technischen Bereich ist schon sehr lange darüber hinweg gegangen.

Auch die Wiederherstellung von Schussbahnen bei Bastionärbefestigungen – auf Burg Königstein die Spitze Bastion und die Neue Bastion – aus didaktischen Gründen, ist nicht überzeugend, auch wenn Schussbahnen strukturell Sichtachsen bei Parks entsprechen. Es ist sinnlos, sich an einem überholten historischen Zustand zu orientieren, der im Fall der Burg Königstein seit über 200 Jahren nicht mehr gegeben ist und auch seitdem nicht mehr benötigt wird. Sinnvoll ist allein eine Orientierung an den Erfordernissen der Gegenwart. Heute benötigt niemand auf einer alten Burg oder Festung, gar auf einer Ruine ein freies Schussfeld, schließlich darf hier niemand mehr mit Kanonen schießen. Heute bedeutet aber die Wiederherstellung von Schussbahnen oftmals einen starken Eingriff in den bestehenden Bewuchs – auch in nicht schadenträchtigen oder gar erhaltenswerten Bewuchs – und erscheint aus Gründen des Naturschutzes selten gerechtfertigt. Bei Ruinen mit z. T. stark veränderten Bodenniveaus durch Schutt sind historische Schussbahnen kaum glaubwürdig rekonstruierbar. Zudem existieren gut erhaltene Bastionärbefestigungen mit

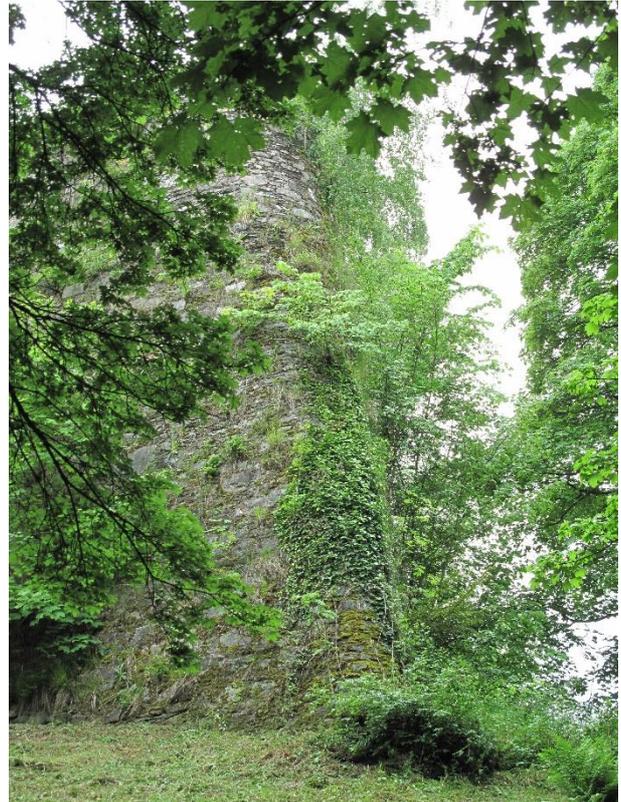


Abb. 20: Burg Königstein, Gehölze auf und vor den Mauern der Spitzen Bastion verstellen den Blick auf ihre markante Spitze, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Mai 2017.

freien ursprünglichen Schussbahnen wie z. B. die Zitadelle Jülich, die viel anschaulicher sind.

Das Öffnen von vermauerten Schießscharten, wie es bisweilen bei Burgen gefordert wird, ist mit dem historischen Befund oft nicht vereinbar, vielfach sind sie – wie auch manche Kasematten – schon während der Nutzungszeit der Festungen vermauert bzw. verfüllt worden, weil man sie nicht mehr benötigte oder weil man seit der Mitte des 16. Jahrhunderts auf den Plattformen die Geschütze flexibler einsetzen konnte. Heute wäre eine zeitgemäße Herangehensweise etwa zu prüfen, ob durch wieder geöffnete Scharten und den dadurch möglichen Luftzug etwa bei Gewölben nicht ihre Qualitäten als Winterquartiere für Fledermäuse beeinträchtigt würden.

7. Aufbau des Königsteiner Burgpflegewerks

In Anlehnung an Parkpflegewerke ist das Burgpflegewerk dreistufig aufgebaut. Zuerst werden die relevanten Grundlagen zum Denkmal ermittelt sowie zu dem mit diesem zusammenhängenden Naturschutz, zur Nutzung und zum Erscheinungsbild. Es folgen Analyse und Bewertung, unter knapper Einbeziehung des allgemeinen Forschungsstands. Es folgen Leitbild und Leitlinien sowie Erhaltungs- und Entwicklungsziele zu Denkmalpflege, Naturschutz und zur Nutzung. Die zur Umsetzung der Ziele erforderlichen Maßnahmen werden ausführlich dargestellt. Die im Rahmen des Pflegewerks angelegten Musterflächen werden erläutert. Naturverträgliches Vorgehen bei Sanierungen und ein entsprechendes Ablaufschema werden kurz dargestellt. Es werden Empfehlungen für eine zukünftige Öffentlichkeitsarbeit gegeben. Zur leichteren Umsetzbarkeit des Burgpflegewerks in der Praxis werden die wesentlichen Maßnahmen besonders der nächsten Jahre mit Angaben zum jeweiligen Turnus und einem Jahresablauf kurz zusammengefasst.

Anschließend folgt für die einzelnen Bauteile ein nach Außen- und Innenflächen gegliederter, bebildeter Katalog. Dieser enthält Vorschläge für künftige Bezeichnungen der Bauteile und Flächen, sowie Angaben zu Baudaten, bisherigen Maßnahmen, Erscheinungsbild, Besonderheiten bezüglich Denkmalpflege, Naturschutz oder Nutzung, Hinweise auf Pflege- und Erhaltungsziele, allgemeine und besondere (Pflege-) Maßnahmen und ggf. weitere Empfehlungen.

Ein Anhang bietet im Rahmen des DBU-Projekts erarbeitete sowie für Burg Königstein spezifische Unterlagen, die schwer zu recherchieren waren und somit nun leichter zugänglich sind, eine Protokoll-Vorlage zur Wartung der Burg und eine Planvorlage zur Kartierung der Fledermaus-Quartiere.

8. Bestandserfassung

In einem ersten Schritt waren die Grundlagen zu ermitteln. Der bauliche Bestand der Burg Königstein war schon 2015 in einem Gutachten erfasst und bauhistorisch analysiert worden⁵². Weiter war der floristisch-faunistische Bestand zu erheben. Hier lag

bereits ein Gutachten von 2013 zu einzelnen Flächen vor⁵³. Im Projekt wurde darüber hinaus die Flora im gesamten Pflegeareal erfasst unter besonderer Berücksichtigung der Moose und Flechten, sowie die schützenswerten und zu schonenden Bereiche der Burg kartiert (Beitrag TEUBER). Zur Feststellung ggf. spezieller Biotoptypen und anderer Besonderheiten wurde das Pflegeareal fachmännisch untersucht. Weiterhin erfolgten in vier Jahren (2017-2020) Kartierungen der Fledermausquartiere im Winter⁵⁴. Als drittes war die Nutzung der Burg zu erheben mit den aus ihr resultierenden Anforderungen und Belastungen.

9. Leitbild und Leitlinien

Bislang fehlte ein theoretischer Überbau für die Pflege von Burgen und Burgruinen, der sowohl die Interessen des Denkmalschutzes wie auch die des Naturschutzes integriert. Um untereinander widerspruchsfrei und zielführend zu sein, müssen die Pflegemaßnahmen klaren Leitlinien folgen, die ihrerseits auf einem gemeinsamen Grundgedanken, einem Leitbild basieren. Dieses kann sich nicht an bestehenden Pflegewerken etwa für Parks orientieren, sondern muss grundsätzlich neu formuliert werden. Die Leitidee soll zudem modellhaft, also auf andere Burgen und Burgruinen übertragbar sein.

9.1 Leitbild Minikulturlandschaft

In die hier nötige Richtung geht das aktuelle Verständnis des Begriffs der Kulturlandschaft. So schreibt der Generalsekretär der DBU im Vorwort der Veröffentlichung zu dem Projekt auf der Festung Rosenberg 2011: „Im Zusammenhang mit einer dringlich angezeigten neuen Bewertung der Möglichkeiten eines Zusammenwirkens von Naturschutz und Kulturgüterschutz zugunsten der Bewahrung der Bestände von Natur und Kultur ... kommt den Elementen der historischen Kulturlandschaft, wie etwa historischen Alleen, Kleinarchitekturen, traditionellen Bauformen, aber auch historischen Festungsbauten eine zentrale Rolle zu. Zumeist sind eben diese kulturell konnotierten Be-

⁵² Strickhausen 2015.

⁵³ Fehlows 2013.

⁵⁴ Bei einer Burg mit so vielen Gewölben empfiehlt sich eine Kartierung. Dies ist eine wichtige Planungsgrundlage für zukünftige Maßnahmen, etwa Sanierungen.

standteile der Landschaft auch bedeutende Standorte der Artenvielfalt⁵⁵. Die Bearbeiter führen weiter aus: „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 bislang 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 Violdimensionalität ihrer Eigenschaften erkannt worden ist. Die Ansicht, menschliche Bauwerke nicht nur als architektonische Monumente zu klassifizieren, sondern auch als schützenswerte Biotope wahrzunehmen, ist allerdings noch wenig verbreitet“⁵⁶.

Zwei Jahre später führen DREWELLO und DREWELLO 2013 aus: „Um die meist großzügig angelegten Bauwerke konnte sich aufgrund langer Ruheperioden eine einzigartige Flora und Fauna entwickeln, in der sich überkommene Nutzungs- und Siedlungsformen widerspiegeln, die in einer sich dynamisch wandelnden Umgebung heute weitgehend verschwunden sind. Aufgrund ihres Strukturreichtums geraten bebaute Kulturlandschaften deshalb zunehmend in das Blickfeld des Natur- und Landschaftsschutzes“⁵⁷. Gleichzeitig formuliert BRANDES 2013: „Man sollte den Ensemble-Begriff richtig verstehen bzw. erweitern: Die Vegetation gehört mit zum Ensemble, sie spiegelt die regionale Kulturgeschichte wider und macht einen Teil des Erlebnisinhaltes aus. Baudenkmal und vom Menschen genutzte bzw. umgestaltete ‚Natur‘ sollten daher als Einheit gesehen werden. So könnte eine neue und angemessene Sichtweise die Interessengegensätze zwischen Denkmalpflege und Naturschutz zumindest teilweise ausgleichen“⁵⁸.

Diese geforderte Einheit kann grundsätzlich hergestellt werden, wenn man Baudenkmale, wie Ruinen von Burgen oder Festungen nicht nur als Teil von Kulturlandschaften betrachtet, sondern diese selbst

als eigene, spezielle Kulturlandschaften und aufgrund ihrer geringen räumlichen Erstreckung als „Minikulturlandschaften“ auffasst. Dies integriert sowohl das Bauwerk als Denkmal als auch dessen Eigenschaften als Lebensraum. Wie Kulturlandschaften existieren auch die Minikulturlandschaften der Ruinen nur aufgrund menschlichen Handels, und sie sind auch nur mit menschlichem Handeln sinnvoll zu erhalten. Nur durch geeignete Pflege sind ihre speziellen Eigenschaften als Denkmale und als Biotope, besonders als Standorte wärmeliebender Arten zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Die Minikulturlandschaften können sich jedoch nicht nur auf den bebauten, von Mauern umschlossenen Bereich der Ruinen beziehen, sondern müssen auch einen relevanten Teil ihres Außengeländes mit umfassen.

So wie bei einer Kulturlandschaft, etwa einer Heide, die durch Beweidung und Abplaggen entstanden ist und erhalten wird, bedarf das Anlegen und Erhalten von Minikulturlandschaften wie Burg- und Festungsrainen allgemein spezieller Maßnahmen. Diese folgen dann aber inneren Gesetzmäßigkeiten. Es wird also je nach Standort und durchgeführten Maßnahmen nur eine bestimmte, standortspezifische Flora und Fauna geben und nicht eine beliebige.

9.2 Leitlinien

Die Umsetzung des Leitbildes der Minikulturlandschaft bedarf entsprechender Leitlinien. Sie sollen das Handeln beim Umgang mit dem Denkmal und seiner Flora und Fauna bestimmen, sie sollen sich ergänzen und widerspruchsfrei sein. Dabei müssen sich die wichtigsten Leitlinien für die Pflege auf die besonderen Eigenschaften der Burgruinen für seltene, ggf. schützenswerte Flora und Fauna beziehen. Vorrang hat der Erhalt noch vorhandener ungestörter Bereiche vor der Wiederherstellung verloren gegangener Bereiche gefolgt von der Schaffung neuer, biologisch wertvoller Areale z. B. als Ausgleichsmaßnahmen.

Denkmalpflege und Naturschutz an einer Minikulturlandschaft sind grundsätzlich gleichberechtigt bzw. als gleichwertig zu behandeln, aber zum Erhalt und

⁵⁵ BRICKWEDDE 2011, S. V.

⁵⁶ BEIERKUHNLEIN et al. 2011, S. 24. Die Verfasser beziehen sich auf WALTER 2003.

⁵⁷ DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 109.

⁵⁸ BRANDES 2013, S. 105.

zur Entwicklung des Denkmals und damit des Lebensraums sind einige untergeordnete Leitpunkte unabdingbar. Dabei müssen sowohl Denkmalpflege als auch Naturschutz Kompromissbereitschaft zeigen. Der Naturschutz sollte etwa akzeptieren, dass je nach Qualität des Mauerwerks der Efeu von den Mauern entfernt werden muss. Andererseits sollte die Denkmalpflege den Erhalt von nicht verholzendem Bewuchs auf den Mauern, auch von Flechten, Moosen und Algen akzeptieren.

Aber manche Maßnahmen liegen im Interesse beider. So ist die Abkehr von Großmaßnahmen für beide wünschenswert, da die Denkmalsubstanz geschont wird und die Fauna und Flora bessere Bedingungen zum Überleben finden. Bei Sanierungen bedeutet das Wiederherstellen von verschlossenen Öffnungen, in denen ehemals Gerüsthölzer oder Deckenbalken steckten, oder das Freilegen von Baunähten, nicht nur eine Wiedergewinnung eines Teils der bauhistorischen Aussagen des Denkmals, sondern zugleich die Schaffung von Nistplätzen und Habitaten. Die Entfernung von verholzendem Bewuchs von allen Mauern inklusive der Mauerkronen und vor den Mauerfüßen dient nicht nur dem Erhalt des Bauwerks und ermöglicht eine regelmäßige Prüfung ihres Zustands, sondern fördert auch die Wiederherstellung von trockenen, sonnigen Standorten für spezialisierte Flora und Fauna.

10. Maßnahmen zur Burgpflege

Im Folgenden werden zentrale Maßnahmen zur Pflege einer Burgruine vorgestellt. Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Maßnahmen teilweise in Teilbereichen der Burg Königstein durchgeführt, um Erkenntnisse und Erfahrungen für das Burgpflegewerk und für zukünftige Sanierungen zu gewinnen. Einige Maßnahmen werden in eigenen Beiträgen in diesem Band näher erläutert. Grundsätzlich sind für alle Maßnahmen Pflegepläne, Pflegeziele und Pflgeturnusse mit geeigneten Fachleuten zu erarbeiten.

Die Maßnahmen dürften gut auf andere Höhenburgen übertragbar sein, während bei Wasserburgen in der Ebene andere Aspekte wichtig sein können. Über die vorliegende Darstellung hinausgehende Analysen, Leitlinien, Verfahren und Maßnahmen müssen für jede Burg individuell erarbeitet werden.

Die im Pflegewerk einer Burgruine behandelten Maßnahmen werden im Wesentlichen drei Bereiche betreffen: die Mauern, das Außengelände und die Grünflächen im Inneren.

10.1 Pflege der Mauern

Wichtigste Maßnahme zur Pflege der Mauern ist das Entholzen mittels Rückschnitt und Ringeln, gefolgt von der Reparatur kleinerer Schäden. In mehreren Kampagnen wurden Entholzungen mit Mitgliedern verschiedener Vereine und Mitarbeitern der Stadt Königstein durchgeführt (Beitrag TERHORST).

10.1.1 Entholzen

Beim Entholzen von Mauerwerk ist der Rückschnitt in den meisten Fällen anwendbar und allgemein verbreitet. Das Ringeln hat ökonomische Vorteile, kann aber nicht bei allen Gehölzarten erfolgreich eingesetzt werden.

Gehölze im Mauerwerk sollten möglichst bis zur Mauerflucht zurückgeschnitten werden, am besten während der Vegetationsperiode, da dies die Pflanzen am stärksten schädigt. Dabei ist die Brut- und Setzzeit zu beachten. Besonders Pioniergehölze wie Esche, Ahorn, Weide oder Birke etc. werden nach dem Kappen des Stamms mit einem sehr starken Stockausschlag reagieren. Diese Pflanzen können nur durch wiederholte Beseitigung der Ausschläge zum Absterben gebracht werden. Dies muss mindestens einmal, besser zweimal im Jahr erfolgen.

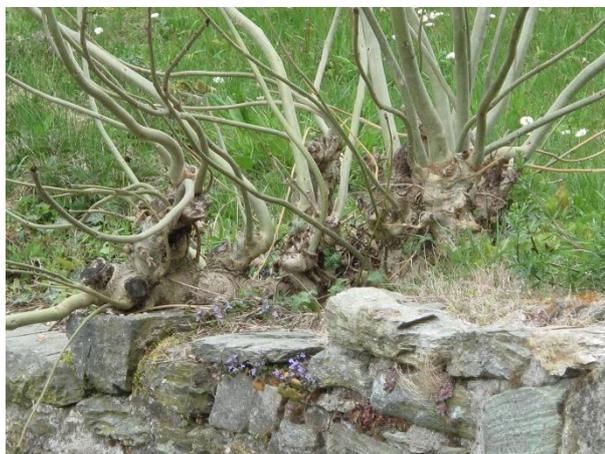


Abb. 21: Burg Königstein, Westmauer des Äußeren Rondells mit mehrfach geschnittenen Gehölzen und anschließendem Stockausschlag, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen April 2017.

Um neuen Bewuchs mit Gehölzen im Mauerwerk zu verhindern, müssen Keimlinge bzw. sehr junge Pflanzen frühzeitig und regelmäßig entfernt werden. Dabei sind sie auf keinen Fall aus den Fugen zu ziehen, weil dies unweigerlich Fugenmaterial entfernt, die Fugen vertieft und damit den Steinverband schwächt. Je nach Mauerwerk und vorhandener Feuchtigkeit kann mit einem zweijährigen Turnus begonnen werden, der nach Erfahrung ggf. verlängert werden kann.

Die Kosten für den Rückschnitt sind hoch durch den großen manuellen Aufwand, die bei hohen Mauern schlechte Zugänglichkeit und die vielfachen Wiederholungen. Viele Mauerflächen können allein von oben durch Kletterer erreicht werden, die sich abseilen und die Mauerflächen nur in schmalen Bereichen bearbeiten können.

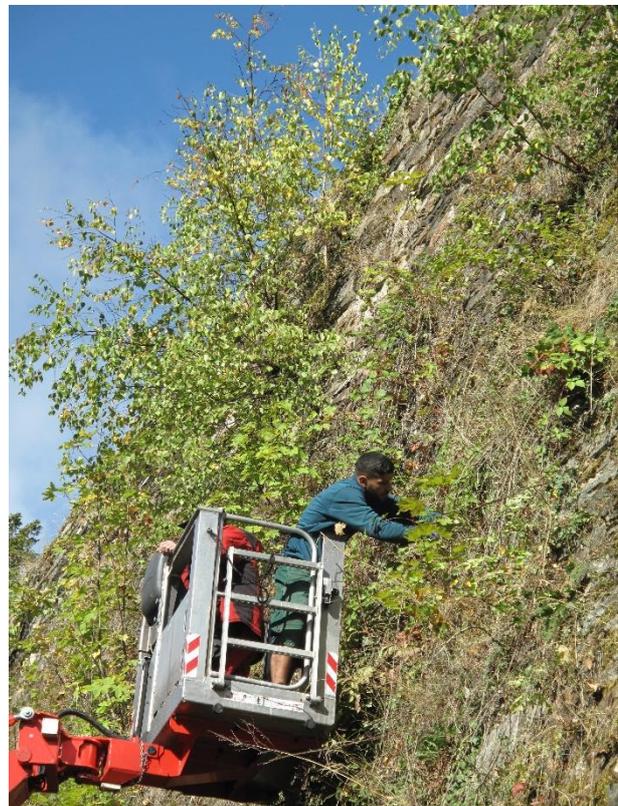
Wesentlich effektiver und damit kostengünstiger ist der Einsatz von Hubsteigern, der im Projekt erfolgreich erprobt wurde. Im Korb können zwei Personen nebeneinander mit beiden Händen sicher arbeiten. Je nach Gelände und Wegeführung können unterschiedlich große Geräte zum Einsatz kommen. Auf

Fahrwegen sind Hubsteiger auf LKW-Fahrwerk vorteilhaft. In Bereichen, die so nicht zugänglich sind, empfiehlt sich der Einsatz von Hubsteigern mit Gummiketten. Diese Ketten sind leichter als Stahlketten und beschädigen den Untergrund weniger. Im Projekt erwiesen sich derartige Maschinen als erstaunlich geländegängig. Fast alle gewünschten Standorte konnten erreicht werden. Probleme ergaben sich dagegen beim Aufstellen der Hubsteiger am Hang, dies war zeitaufwendig und in manchen Bereichen unmöglich. In zu steilem Gelände ist der Verstellbereich der Hydraulikarme, mit denen sich die Geräte am Boden abstützen, nicht ausreichend. Daher wurden in Absprache mit der Denkmalpflege hessenARCHÄOLOGIE testweise Aufstellplätze im Gelände angelegt. Dadurch konnte mit wenig Aufwand der Einsatz der Hubsteiger beschleunigt und räumlich ausgeweitet werden.

Bleiben dennoch für den Hubsteiger unzugänglich Mauerpartien müssen weiterhin regelmäßig Kletterer eingesetzt werden. Dafür ist in diesen Bereichen die Installation von Anschlagpunkten empfehlenswert, die sicheres und schnelleres Arbeiten ermöglichen.



*Abb. 22: Burg Königstein, Hubsteigereinsatz an der Spitzen Bastion, die dicht mit verholzendem Bewuchs und im Mauerwerk wurzelndem Efeu bewachsen war. Der Hubsteiger ermöglicht hier zwei Personen gleichzeitig ein sicheres, effektives Arbeiten auch bei starken Gehölzen,
Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen Sept. 2018.*



Beim Ringeln wird von der Baumrinde ein Ring von 5-10 cm Breite entfernt⁵⁹. Der Baum kann nun die Assimilate (vor allem Glukose), die er durch Photosynthese in den Blättern erzeugt hat, nicht mehr in die Wurzeln transportieren. Er wird seine Reserven verbrauchen und je nach Baumart innerhalb von zwei bis fünf Jahren eingehen. Bis dahin werden aber im weiterhin funktionsfähigen Splintholz Wasser und Mineralien aus den Wurzeln in die Krone transportiert. Dadurch erhält die Pflanze keinen Impuls für den so lästigen Stockausschlag beim Durchtrennen des Stammes. Der beste Zeitpunkt für das Ringeln ist nach dem Austrieb im Frühjahr oder im Juli bzw. August⁶⁰. Das Ringeln und ggf. später das Entfernen der abgestorbenen Pflanzenteile bedeuten nur zwei Arbeitsgänge und damit deutlich weniger Aufwand als bei dem über Jahre durchzuführenden Rückschnitt.

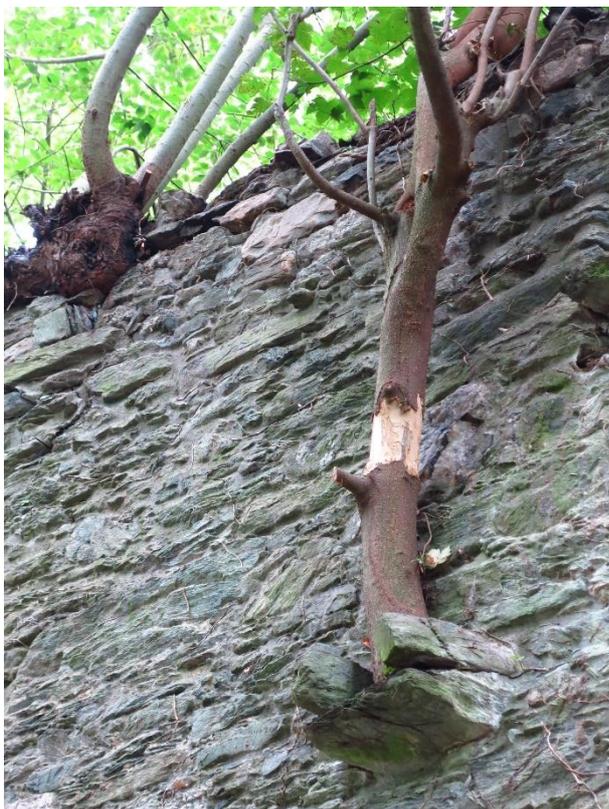


Abb. 23: Burg Königstein, im Sept. 2019 geringelter Baum am Ostzwinger,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Sept. 2019.

Es wurden an verschiedenen Baukörpern u. a. den beiden Bastionen in 2018 und 2019 zahlreiche Gehölze geringelt. Die Arbeit ließ sich von der Plattform des Hubsteigers sehr gut durchführen. Als Werkzeug dienen Ziehmesser und Drahtbürste. Die abgestorbenen Wurzelstöcke werden sich später, da die dünneren Wurzeln schon geschwächt sind, leichter und mit weniger Substanzverlust aus dem Mauerwerk entfernen lassen als ein frisches Gehölz. Bei vielen geringelten Gehölzen ist schon eine Schädigung oder gar ein Absterben festzustellen, aber besonders bei Weiden stirbt zwar der geringelte Stamm ab, aber unter der Ringelstelle erscheinen neue Triebe. Dies muss weiter beobachtet werden.

10.1.2 Wartungsarbeiten und Monitoring

Zur Pflege von Mauern gehört auch, dass kleinere Schäden im Rahmen von Wartungsarbeiten⁶¹ zeitnah behoben werden. Dazu zählen etwa kleinere Ausbesserungen an den Mauern wie das Ersetzen einzelner, fehlender Mauersteine oder das Schließen von Fugen besonders gefährdeter Bereiche etwa zur Herstellung der Wasserführung.

Grundlage für derartige Arbeiten ist die kontinuierliche Erfassung des Zustands vom Mauerwerk durch Monitoring⁶², das idealerweise den Zustand zweimal im Jahr in einem Protokoll dokumentiert. Eine Begehung der Burganlage und Prüfung des Mauerwerks durch entsprechende Fachleute⁶³ (Architekt, Tragwerksplaner) Ende März/Anfang April und Ende Oktober/Anfang November ist notwendig, da die starke Sonneneinstrahlung und die Trockenheit im Sommer, vor allem aber der Frost im Winter das Mauerwerk schädigen können. Monitoring des Mauerwerkszustands ist generell eine wichtige Grundvoraussetzung für die Erhaltung historischer Bausubstanz und insbesondere im Bereich der Wartung und Pflege. Es ermöglicht eine bessere Einschätzung der Schadendynamik und erlaubt eine rechtzeitige Planung und Einleitung von Reparaturen.

⁵⁹ Zum Ringeln: DOUTAZ 2014.

⁶⁰ WIEßNER o. J. MACHATSCHEK 2012.

⁶¹ SOBOTT u. TRAUB-SOBOTT 2016, S. 141.

⁶² SOBOTT u. TRAUB-SOBOTT 2016, S. 142-144.

⁶³ Zum Monitoring von Denkmalen existiert in den Niederlanden seit ca. 40 Jahren die staatliche MonumentenwachtNL. Sie bietet Besitzern eine

Untersuchung ihres Denkmals mit einem Inspektionsbericht, der den Zustand festhält und Empfehlungen zur Wartung und zu Reparaturen gibt. In Deutschland bieten der Niedersächsische Monumentendienst, die DenkmalWacht Brandenburg und Berlin e. V. und die Thüringer Bauwerksinspektion ein in etwa vergleichbares Angebot an. Für das Bundesland Hessen ist dies ein Desiderat.

10.2 Pflege der Außenflächen

Die Außenflächen sollten je nach Gelände in bestimmte Bereiche bzw. Zonen eingeteilt werden. Im Projekt wurde ein größeres Areal an der Westseite der Burg entsprechend freigestellt.

Zone 1: umfasst einen Revisionsbereich vor den Mauerfüßen von etwa 2 m Breite, in dem alle Bäume und Sträucher beseitigt werden müssen. Ein Kontrollgang muss ebenso möglich sein wie das Aufstellen von Gerüsten.

Zone 2: Eine Fläche vor den Außenmauern sollte je nach Geländeprofil in einer solchen Breite von Gehölzen befreit werden, dass die Mauerfüsse täglich zumindest zeitweise direkt von der Sonne beschienen werden können. Es ist nicht nötig, hier vollkommen baumlose Bereiche zu schaffen. Vielmehr sollten Solitäre erhalten bleiben sowie vereinzelte Habitat- und Efeubäume hergestellt werden. Die Exposition ist zu beachten, im Süden und Westen sollte das Gelände offener sein als im Osten oder Norden. Baumfällungen können ggf. mit Kronenschnitten kombiniert werden.

Zone 3: Im übrigen Außengelände ist der Gehölzbestand mindestens so weit auszulichten, dass sich eine geschlossene krautige und grasige Vegetationsnarbe auf der Bodenoberfläche bilden kann. Dieser Bereich kann dann an einen Hutewald erinnern.

Es empfiehlt sich nicht, in einer großen Maßnahme den gesamten unerwünschten Baumbestand um eine Burgruine zu beseitigen. Dies führt zu einem tiefen Einschnitt in die natürlichen Verhältnisse.

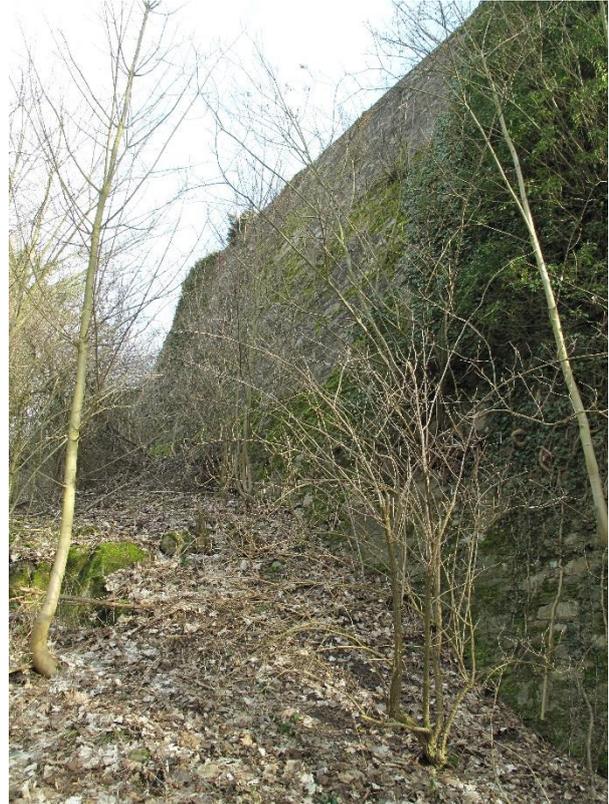


Abb. 24: Burg Königstein, fehlender Revisionsgang am Mauerfuß der Neuen Bastion. Im Febr. 2018 war keine Begehung und Begutachtung möglich, da Gehölze den Weg und den Blick auf das Mauerwerk verstellen, Foto Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Besser ist es, mit den wichtigsten Teilflächen zu beginnen und dies kontinuierlich fortzusetzen. Da auch immer wieder Bäume aus Gründen der Verkehrssicherheit gefällt werden müssen, wird der Baumbestand im Laufe der Zeit allmählich verringert. So wird die bisherige Entwicklung der Sukzession mit dem damit verbundenen stetigen Einwachsen der Ruinen umgekehrt.



Abb. 25: Burg Königstein, Blick von der Neuen Bastion nach Westen im Okt. 2019 und Blick auf die Westseite während der Entholzung im Nov. 2019. Es blieben einige Solitäre stehen, das Schwachholz wurde beseitigt, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen Nov. 2019.



Abb. 26: Areal auf dem Wall im Norden der Burg Königstein mit lockerem Baumbestand und schütterer Grasnarbe,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Sept. 2018.

Gerade an den Berghängen unterhalb von Burgruinen können sich durch den jahrhundertelangen Verfall der Mauern spezielle Biotoptypen gebildet haben oder wieder geschaffen werden, wie z. B. eine sog. gestörte Schuttflur an der Nordseite der Burg Königstein. Natürlichen Ursprungs ist eine Blockschutthalde an ihrer Westseite. Solche Bereiche bedürfen ggf. einer gesonderten Behandlung.

Auf und an Burganlagen ist häufig eine nennenswerter Anzahl Bäume unterschiedlichen Alters und Zustands anzutreffen. Häufig führen Debatten um Erhalt oder Fällen zu Diskussionen und Auseinandersetzungen. Um eine Übersicht des Baumbestands zu bekommen, ist die Anlage eines Baumkatasters empfehlenswert. Wenigstens sollten hier die erhaltenswerten Exemplare gelistet werden, um bei

Pflegemaßnahmen gezielt vorgehen zu können. Die nachhaltige und vorausschauende Pflege des Baumbestandes wird erheblich erleichtert und versachlicht. Die Planung bei der Anlage von Habitatbäumen wird unterstützt.

10.2.1 Ausgleichsmaßnahmen

Bei Baumfällungen sollte unbedingt geprüft werden, ob nicht ein Habitatbaum geschaffen werden kann. Dabei wird der Baum in einer Höhe von etwa 6-8 m gekappt und der Stamm bleibt als Torso mit kurzen Astansätzen stehen. Er bietet beim Vergehen über einen längeren Zeitraum einer Vielzahl von spezialisierter Fauna und Flora beste Lebensbedingungen. Als Ausgleich für Efeu, der etwa von Mauern entfernt wurde, können sehr gut Efeu überwachsene Habitatbäume – botanisch nicht ganz zutreffend auch Efeubäume genannt – dienen. Sie besitzen einen hohen ökologischen Wert, bieten sie doch Nistplätze und Nahrung für Insekten und Vögel sowie Lebensräume für spezielle Flechten, Pilze und Moose. Klettert noch kein Efeu an den Stämmen empor, kann durch Anpflanzung nachgeholfen werden. Efeubäume sollten möglichst frei stehen, da sie dann viel stärker blühen und fruchten. An der Westseite der Burg Königstein mit dem Westzwinger wurden mehrere Efeubäume geschaffen. Derartige Habitatbäume können bis zu 20 Jahre stehen. Müssen sie dann wegen der Verkehrssicherheit gefällt werden, kann noch ein Stammrest (Hochstubben) erhalten bleiben. Im Vorfeld der Fällung sollten schon neue Efeubäume geschaffen werden.



Abb. 27: Frei stehender „Efeubaum“ in Beerfelden/ Odenwald (2017) und im Nov. 2019 neu angelegter und frei gestellter „Efeubaum“ im Westzwinger der Burg Königstein,
Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Bevorzugt sollten junge und schwache Bäume gefällt werden, Altbäume dagegen nach Möglichkeit geschont werden, da sie wertvollen Lebensraum bieten. Es sollte geprüft werden, ob Stammholz aufwendig und teuer abgefahren werden muss, oder zumindest teilweise an geeigneten Stellen – das muss nicht im Pflegeareal sein – als wertvolles Habitat Holz deponiert werden kann und dort seine biologischen Qualitäten entfaltet. Dies kann zugleich als Kompensation für die Aufräumarbeiten dienen.

Ein weitere Ausgleichsmöglichkeit für entfernten Efeu ist bei geeignetem Gelände die Anpflanzung von Strauchefeu (*Hedera helix Arborescens*). Die Altersform des gemeinen Efeus klettert nicht mehr, hat eine Wuchshöhe von 150 - 200 cm und kann vegetativ durch Stecklinge vermehrt werden.

10.2.2 Beweidung mit Ziegen

Manuelle Entholzung eines Burghangs ist bei ihrem hohen Arbeitsaufwand sehr kostenintensiv und wegen des enormen Stockausschlags und bisweilen auch der Wurzelbrut nach Rückschnitt der Bäume wenig nachhaltig. Sie müsste also regelmäßig in kurzen Abständen wiederholt werden, was die Kosten dauerhaft hoch hält. Dazu kommt, dass manche Bereiche wie Steilhänge oder gar Felsen alpinistische Anforderungen stellen.

Die Lösung des Problems liegt darin, sich auf die historische Pflege der Burgberge zu besinnen und die Außenflächen und ggf. auch Innenflächen durch Beweidung mit Ziegen wieder dauerhaft frei zu halten (vgl. Beitrag WAGNER & GEORGE). Bei einigen

wenigen hessischen Burgen wird dies schon mit guten Erfahrungen praktiziert.

Ziegen wurden 2018 versuchsweise zweimal an der Ostseite der Burg Königstein auf einer Musterfläche mit starkem Stockausschlag eingesetzt. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurden in 2019 das gesamte Areal um die Burg, Flächen im Inneren und die z. T. stark verbuschten Oberschosse der Ruinen in der Kernburg beweidet. In allen Fällen konnten sehr gute Pflegeergebnisse erzielt werden. Pflegeziele wurden mit Vertretern der Stadt Königstein, den Ziegenhaltern und weiteren Fachleuten bei mehreren Begehungen festgelegt. In 2020 wird die Beweidung fortgesetzt.

Generell könnten alle Grünflächen im Inneren und alle Mauerfüße beweidet werden, aber die Exkremente der Ziegen werden möglicherweise nicht überall von den Besuchern toleriert.

Es zeigte sich, dass Ziegen äußerst effektiv auf den ausgewählten Flächen nahezu jede Grünpflanze fressen oder durch Verbiss und Fegen schädigten. An den Burgmauern wurden Pflanzen und Efeu bis in eine Höhe von ca. zwei Metern abgefressen und geschält. Efeureste müssen dann unbedingt von den Mauern entfernt werden. In regelmäßig beweideten Bereichen wird kein Efeu mehr neu an den Burgmauern emporwachsen.

Nach einigen Jahren sollten die beweideten Flächen auf ihr Artenspektrum untersucht werden, ggf. kann dann durch spezielle Beisat die Biodiversität erhöht werden.

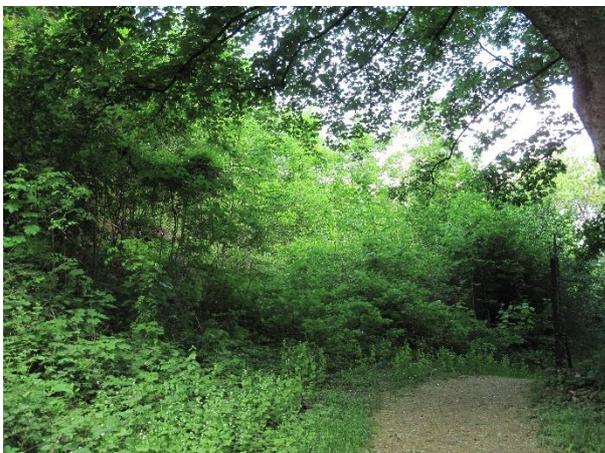


Abb. 28: Burg Königstein, Ostseite im Febr. 2018 vor Beweidung und im Sept. 2018, die Burgmauern werden während der zweiten Beweidungsphase wieder sichtbar, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.



Abb. 29: Burg Königstein, Spitze Bastion im Mai 2018 mit weidenden Ziegen an der Mauer, die in ihrer Reichweite alles verzehren oder schälen, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen.



Abb. 30: Burg Königstein, Kernburg: Im Obergeschoss des Nordflügels haben die Ziegen im Okt. 2019 in ihrer Reichweite sämtliche Blätter des Efeus gefressen und die Triebe geschält, der verbliebene Efeu muss nun entfernt werden, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Das größte Problem bei der Beweidung im Rahmen des DBU-Projektes lag darin, einen geeigneten Ziegenhalter zu finden. Schließlich stellte der in das Projekt eingebundene BUND Königstein-Glashütten den Kontakt mit dem Talhof in Usingen-Wernborn her. Dies erwies sich als Glücksgriff, denn die Betreiber waren nicht nur in der Landschaftspflege mit Ziegen erfahren – sie widmeten sich auch mit großem Engagement und großer Flexibilität der für sie neuen Aufgabe der Ziegenbeweidung einer Burgruine. Angesichts der großen Zahl von Burgen, Burgruinen, Festungen oder archäologischen Geländedenkmälern, die mit einer Ziegenbeweidung optimal und kostengünstig gepflegt werden können, ist das Angebot an entsprechenden Ziegenhaltern viel zu gering. Hier könnten sich zukünftig ganz neue Beschäftigungsfelder ergeben.

Beweidung von Burgen mit Ziegen ist erheblich kostengünstiger, gründlicher, nachhaltiger und im Wortsinn natürlicher als manuelle Pflege. Darüber hinaus finden die Ziegen als ausgesprochene Sympatieträger in der Bevölkerung eine hohe Akzeptanz und lenken mehr Aufmerksamkeit auf die Burgen und ihre Pflege.

10.3 Pflege der Grünflächen im Inneren

Im Allgemeinen werden Grünflächen vor allem im Inneren von Burgruinen, soweit sie einer Nutzung oder wenigstens Begehung unterliegen, regelmäßig gemäht. Das zieht meist eine artenarme grasige Vegetation nach sich. In den nicht (intensiv) genutzten Bereichen hat sich dagegen oft eine biologisch wertvollere Vegetation gehalten, hierbei handelt es sich vielfach um schützenswerte und zu schonende Bereiche (vgl. Beitrag TEUBER). Es sollte geprüft werden, ob diese Flächen nicht ausgeweitet werden können durch die Anlage von Saumstreifen z. B. an Mauern. Diese Flächen sollten nur ein- oder zweimal im Jahr gemäht werden. Dadurch können hier blütenreiche Wiesengesellschaften erhalten bzw. geschaffen werden, die ganzjährig ein höheres Nahrungsangebot für Wildbienen und andere Blütenbesucher bieten können⁶⁴. Die Anlage von neuen Wiesenflächen ist relativ aufwendig. Aber schon eine nur noch ein- oder zweischürige Mahd mit Abfuhr des Schnittguts oder Beweidung wird zu einer Erhöhung des Artenreichtums führen. Bei Bedarf kann eine spezielle Beisat die Artenvielfalt steigern.

Unbedingt sollte von allen Flächen das Mähgut abtransportiert werden. Dies verhindert nicht nur eine Verfilzung der Oberfläche, eine Verarmung der Artenvielfalt und die Anreicherung von Nährstoffen, die den Bewuchs quasi düngen und so den Mähauwand langsam aber stetig steigern, sondern es be-

⁶⁴ FEHLOW 2013, S. 41.

wirkt vielmehr das Gegenteil, nämlich das Aushagern der Flächen, also einen kontinuierlichen Nährstoffentzug. Dieser wird eine magerere, aus biologischer Sicht hochwertigere Vegetation zur Folge haben. Idealerweise sollte das Mähgut wie für eine Heunutzung möglichst zwei bis drei Tage liegen bleiben. In dieser Zeit können Samen ausfallen und Tiere, vornehmlich Insekten sich entfernen.

Aus diesen Gründen sind Mulchmäher für den Einsatz auf solchen Flächen ebenso wenig geeignet wie Mäher, die das Mähgut sofort aufnehmen. Balkenmäher statt Kreiselmäher schonen die Fauna im Gras, namentlich die immer seltener werdenden Insekten und Reptilien.

11. Naturverträgliche Sanierung

Die Behandlung einer Burgruine unter dem Leitbild der Minikulturlandschaft mit der Verbindung von Denkmalpflege und Naturschutz darf nicht nur die hier behandelte Pflege umfassen, sondern muss auch das Vorgehen bei Sanierungen bestimmen; es sind die gleichen Leitlinien wie für die Pflege zu berücksichtigen. Im DBU-Projekt Burg Rosenberg bei Kronach wurden für naturverträgliche Sanierungen wesentliche Grundlagen erarbeitet und u. a. in einem Ablaufschema dargestellt⁶⁵. Es werden dort die wichtigsten Punkte formuliert, über die sich die Projektbeteiligten im Vorfeld verständigen sollten. Die beteiligten Fachdisziplinen und die Projektstruktur werden ebenso dargestellt wie die Strukturierung eines derartigen Projekts in Phasen und Einzelaufträge.

Aus unserer Sicht ist hier zu betonen, dass eine umfassende, frühzeitige und kontinuierliche Einbindung von Bauforschern und Biologen unabdingbar und von großem Vorteil ist – die Vertreter dieser beiden Disziplinen werden sich erfahrungsgemäß die beste Kenntnis des Objektes erarbeiten. Für die noch kaum etablierte ökologische Baubegleitung muss ein entsprechender Etat gesichert sein.

Im Projekt wurden auf der Spitzen Bastion Musterflächen angelegt zur Sanierung von Mauerkronen mit verschiedenen Mörteln in entsprechender Ausführung (Beitrag STEINDLBERGER). Es wurden



Abb. 31: Burg Königstein, gemähte Grasfläche mit verfilzter Oberfläche und geringem Artenspektrum im Okt. 2019, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Versuche durchgeführt zur Begrünung der Flächen (Beitrag STRICKHAUSEN-BODE & STRICKHAUSEN) und Messungen haben den Effekt von derartigen Begrünungen auf Feuchte- und Temperaturverhältnisse in der Mauerkrone untersucht (Beitrag STOLZE).

Bei Sanierungen sollten grundsätzlich nur tatsächliche Schäden behandelt werden und nicht in Großmaßnahmen pauschal ganze Baukörper. Es sollten möglichst große Flächen mit offenem Fugennetz erhalten und nur wo nötig die Wasserführung hergestellt werden. Ebenso sollten möglichst zurückliegende Fugen angelegt werden. Soweit sinnvoll können anschließend Mauerkronen begrünt werden. Auch den Bedürfnissen der schützenswerten Fauna wie z. B. Fledermäusen und Gebäudebrütern sollte Rechnung getragen werden. Hier geben etwa die Kartierungen der Fledermausquartiere Hinweise auf spezielle bauliche Erfordernisse bestimmter Arten, die so bei Sanierungen berücksichtigt werden können.

12. Zusammenfassung

Burgen und Burgruinen sind nicht nur Baudenkmale sondern auch wertvolle Lebensräume für wärmeliebende und trockenheitstolerante Arten. Allerdings haben viele Burgruinen seit der Mitte des 20. Jahrhunderts ihre für den Naturschutz wichtigen Eigenschaften verloren. Die Gründe sind einerseits aus heutiger Sicht ungeeignete, schadenträchtige Sanierungen, die nicht nur die Denkmaleigenschaften

⁶⁵ BEIERKUHNLIN et al. 2011, S. 99-104.

der Ruinen, sondern auch ihre Habitatqualitäten beeinträchtigen. Andererseits haben falsche bzw. mangelnde Pflege zum Aufwuchs von Gehölzen um und in den Burgruinen geführt, die Bauschäden verursachen und durch zunehmende Beschattung ihre Habitatqualitäten ebenfalls beeinträchtigen. Die Unkenntnis über das Schaden- aber auch das Schutzpotential der Mauervegetation und der Umgang mit dieser führen vielerorts zu Auseinandersetzungen zwischen Denkmalpflegern und Naturschützern.

Eine sachgemäße Burgpflege sollte die Interessen beider Seiten integrieren. Dies ist möglich mit dem Leitbild der Minikulturlandschaft, die die Burgruinen samt ihrer Flora und Fauna als Ensemble und Produkt menschlichen Handelns begreift, die nur durch menschliches Handeln sinnvoll erhalten werden kann. Wichtigstes Ziel der Burgpflege muss es sein, die Burgen als Denkmale zu bewahren und sie als Lebensräume zu erhalten und wieder mehr zum Tragen zu bringen. Das dazu nötige Vorgehen sollte in einem Burgpflegewerk interdisziplinär für jede einzelne Burgruine erarbeitet und festgelegt sowie in einem mehrjährigen Turnus überprüft werden. Die Maßnahmen werden in der Regel im Wesentlichen drei Bereiche betreffen: die Mauern, das Außengelände und die Grünflächen im Inneren. Die folgenden, an der Burg Königstein entwickelten Punkte lassen sich im Allgemeinen auf Ruinen anderer Höhenburgen übertragen.

Auf und an allen Mauern müssen der gesamte verholzende Bewuchs, (junger) Efeu und Pfahlwurzler regelmäßig und kontinuierlich, mindestens einmal pro Jahr beseitigt werden bis zum Absterben der Pflanzen, durch: mauernah abschneiden (nicht herausreißen) und ggf. Ringeln. Dafür ist der Einsatz von Hubsteigern und eventuell Kletterern nötig. Nicht verholzender Bewuchs wie Kräuter, Gräser, Moose und Flechten sollen erhalten bleiben. Je nach Qualität des Mauerwerks kann alter Efeu geschont werden, bis Habitat- bzw. Efeubäume zur Verfügung stehen; dann ist er restlos von den Mauern zu entfernen. Neue Keimlinge von Gehölzen sind regelmäßig zu beseitigen.

Im Außengelände muss am Fuß der Burgmauern ein Revisionsgang vorhanden und frei von verholzendem Bewuchs sein. Ein vorgelagertes Areal soll bis auf Solitäre und Habitatbäume soweit frei von Gehölzen sein, dass die Burgmauern bis zu ihrem

Fuß täglich zumindest zeitweise von der Sonne beschienen werden können. Je nach Topographie ist in einem weiteren Areal sukzessive der Baumbestand mindestens so weit auszulichten, dass sich eine krautige und grasige Vegetationsnarbe auf der Bodenoberfläche bilden kann („Hutewald“). Ausnahmen können an Burghängen spezielle Biotoptypen wie in Königstein die Hangblockhalde oder die „gestörte Schuttflur“ bilden, die eine andere Vegetation aufweisen werden. Aus dem gesamten Pflegeareal ist frisch gefälltes Holz und Astschnitt zum Aushagern und zur besseren Begehbarkeit zu entfernen. Ein Teil des Stammholzes kann als wertvolles Habitatholz ggf. an geeigneten Stellen abgelegt werden. Das Außengelände sollte zweimal jährlich mit Ziegen beweidet werden, im Mai/Juni und im September. Wertvolle Bestände an Flora oder etwa Efeubäume müssen dabei geschützt werden.

Bei den Grünflächen im Inneren dürfen biologisch wertvolle Flächen und ggf. zu schaffende Saum- und Randstreifen nur maximal zweimal im Jahr gemäht werden, im Mai/Juni und im September. Festzulegende Flächen wie z. B. schwierig manuell zu pflegende Bereiche können in den gleichen Monaten zweimal jährlich beweidet werden. Alle anderen Grünflächen können der Nutzung entsprechend gemäht – nicht gemulcht – werden. Dabei werden Balkenmäher empfohlen. Aus dem gesamten Mähbereich muss sämtliches Mähgut zwecks Aushagern entfernt werden.

Mindestens einmal jährlich nach dem Ende der Frostperiode sollten in einer Begehung der Burg die konkreten Pflege- und Wartungsnotwendigkeiten des Jahres festgestellt werden. Kontinuierliche Pflege und Wartung sollten die für das Denkmal und die Natur ungünstigen Großmaßnahmen ersetzen.

Pflege von Burgruinen unter dem Leitgedanken der Minikulturlandschaft und nach den hier vorgestellten Konzepten und Maßnahmen ist ein Ansatz, sie als Denkmale und Biotope zu erhalten und aufzuwerten – und dies nachhaltig und kostengünstig. Denkmalpflege und Naturschutz lassen sich besser miteinander verbinden, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Aber ein Problem bleibt: Abgesehen von schlichtem Verfall aufgrund von mangelhaftem oder fehlerhaftem Bauunterhalt oder falsch verstandenem „romantischen“ Naturschutz, der ein Zuwachsen der Anlagen zur Folge hat, besteht der

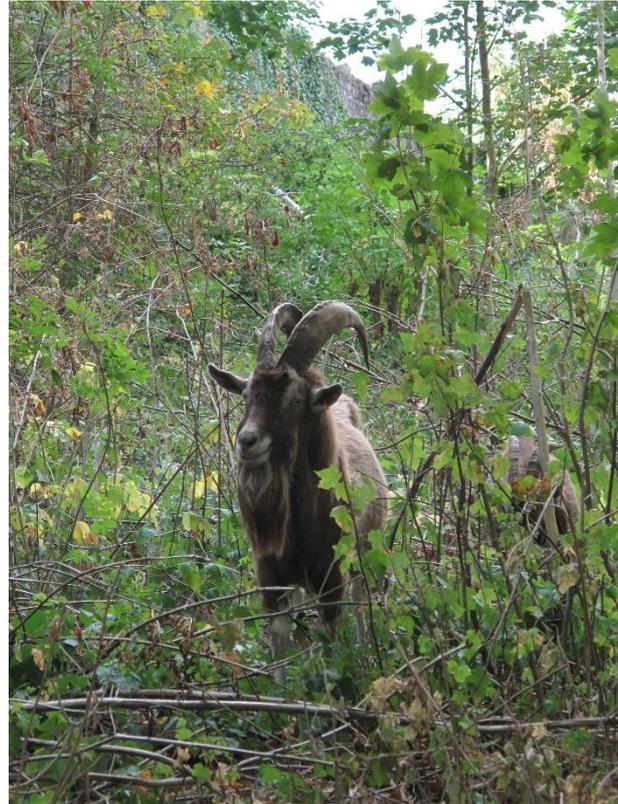
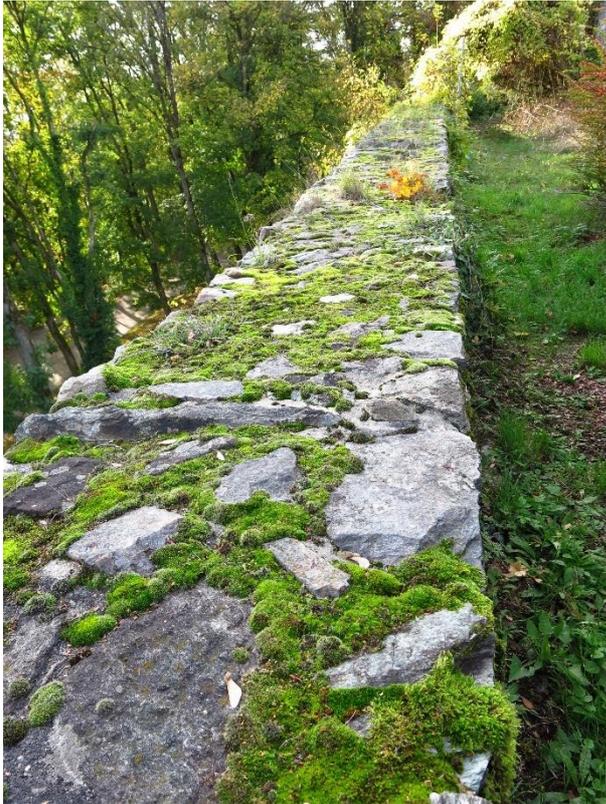


Abb. 32 Denkmalpflege mit Natur - Naturschutz mit Denkmalpflege ist gut vereinbar, kostengünstig und nachhaltig, Fotos Burgenbüro Dr. Strickhausen Okt. 2019, Sept. 2018.

größte Feind der Ruinen in übertriebenen Reinheitsvorstellungen. Alles was nicht „sauber“ und „ordentlich“ aussieht, stört und wird beseitigt, egal ob es sich um unschädlichen Bewuchs oder unverstandene Baudetails handelt. Dies führt regelmäßig zu einem Cleanen der Ruinen, das weder der Denkmalpflege noch dem Naturschutz zuträglich ist. Eine Burgruine ist kein Einfamilienhaus in einem Neubaugebiet. Burgruinen sind alt und dürfen nicht nur, sondern müssen sogar alt aussehen. Die Zeichen des Alters sind keine Mängel sondern Ausweis der Bedeutung der Ruinen als historische Quellen. Bewohner aus dem Tierreich und – nichtverholzender! – Bewuchs zeigen die Qualitäten der Burgruinen als Lebensräume.

Literatur

BEIERKUHNLEIN, CARL, DREWELLO, RAINER, SNETHLAGE, ROLF und TÖPFER, LUTZ (Hg.) (2011): Zwischen Denkmalschutz und Naturschutz. Leitfaden zur naturverträglichen Instandhaltung von Mauerwerk in der Denkmalpflege (Initiativen zum Umweltschutz 83), Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Berlin.

BEMBACH, GERD (2011): Sind Parkpflegewerke auf Festungsanlagen anwendbar?, in: Kultur und Natur – ein Widerspruch? Historische Festungen: Denkmalpflege, Naturschutz und Landschaftspflege. Dokumentation der Tagung vom 7.–8. Oktober 2010 in Mainz, hg. v. Rheinischer Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz, Köln, S. 177-184.

BRANDES, DIETMAR (1996a): Naturschutzaspekte bei der Denkmalpflege unter Berücksichtigung der Mauervegetation, in: Grün im Umgriff historischer Bauten. ANL-Seminar vom 17.-18. Juni 1993 in Gessertshausen. Sonderdruck aus: Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) 20, S. 145-149.

BRANDES, DIETMAR (1996b): Burgruinen als Habitatsinseln. Ihre Flora und Vegetation sowie die Bedeutung für Sukzessionsforschung und Naturschutz dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der Burgruinen des Harzgebietes (Braunschweiger Naturkundliche Schriften 5), S. 125-163.

BRANDES, DIETMAR (2013): Mauern als Lebensraum für Pflanzen, in: Naturstein in der Kulturlandschaft, hg. v. Siegfried Siegesmund und Rolf Snethlage, Halle, S. 96-106.

- BRICKWEDDE, FRITZ (2011): Vorwort, in: BEIERKUHNEIN et al., S. V, VI.
- DOUTAZ, JACQUES (2016): Das Ringeln. Eine interessante Methode – schlecht umgesetzt?, in: Wald und Holz, Heft 4, S. 4-7.
- DREWELLO, RAINER (2010): Vier Burgen in der Fränkischen Schweiz. Erfahrungen in der Abstimmung von Denkmalpflege, Landschaftspflege und Naturschutz, in: Historische Kulturlandschaft und Denkmalpflege. Definition Abgrenzung Bewertung Elemente Umgang, Jahrestagung in Bamberg, 1.-3. Oktober 2009, hg. v. BIRGIT FRANZ und ACHIM HUBEL (Veröffentlichung des Arbeitskreises Theorie und Lehre der Denkmalpflege e.V. 19), Bamberg, S. 158-169.
- DREWELLO, RAINER und DREWELLO, URSULA (2009): Flechten auf Denkmälern. Indikatoren und Vermittler zwischen Denkmal- und Naturschutz, in: Ökologische Rolle der Flechten (Rundgespräche der Kommission für Ökologie 36), München, S. 161-180.
- DREWELLO, RAINER und DREWELLO, URSULA (2013): Mauervegetation: ein Gefährdungs- und Konservierungspotenzial für historisches Mauerwerk, in: Naturstein in der Kulturlandschaft, hg. v. SIEGFRIED SIEGSMUND und ROLF SNETHLAGE, Halle, S. 108-116.
- FEHLOW, MATTHIAS (2013): Burg Königstein. Faunistische und floristische Untersuchungen ausgewählter Mauerabschnitte (MS).
- HAASE, FELICITAS (2011): Schäden durch Efeubegrünung an denkmalgeschützten Bauwerken am Beispiel der Zitadelle Berlin-Spandau, in: Kultur und Natur – ein Widerspruch? Historische Festungen: Denkmalpflege, Natur- und Landschaftsschutz. Dokumentation der Tagung vom 7.-8. Oktober 2010 in Mainz, hg. v. Rheinischer Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz, Köln, S. 107-110.
- HAGER, GEORG (1911): Einfluß des Efeus auf Bauwerke, in: Die Gartenkunst. Zeitschrift für Gartenkunst und verwandte Gebiete, hg. v. Deutsche Gesellschaft für Gartenkunst 13, Nr. 4, S. 70-74 und Nr. 5, S. 85-87.
- HAGER, GEORG (1913): Einfluß der Vegetation auf die Baudenkmäler, in: Denkmalpflege. Auszug aus den stenographischen Berichten des Tages für Denkmalpflege, Danzig 1900-1912, Bd. 2, S. 98-123.
- Ivy on Walls (2017): Prepared for Historic England by Dr MARTIN COOMBES and Prof HEATHER VILES, Oxford Rock Breakdown Lab (OxRBL), University of Oxford; and ALAN CATHERSIDES, Historic England, Research Report Series no. 30, Oxford, <https://research.historicengland.org.uk/Report.aspx?i=15604> (eingesehen am 10.11.2019).
- MACHATSCHEK, MICHAEL (2012): Schwendzeiten für die Grün-Erle unter Berücksichtigung des Mondes, in: Der Alm- und Bergbauer, Heft 5, S. 8-12, https://www.almwirtschaft.com/images/stories/neuigkeiten/2012/der_alm_und_bergbauer_inhaltsverzeichnis/Swendzeiten_fuer_die_Gruen-Erle.pdf (eingesehen am 28.07.2018).
- MEYER, MARGITA M. (2000): Leitlinien zur Erstellung von Parkpflegewerken für Gartendenkmale, in: Historische Gärten in Deutschland. Denkmalgerechte Parkpflege. Aufgaben, Thesen und Instrumente zum Schutz, zur Erhaltung und zur Pflege des Gartenkulturerbes, hg. v. Arbeitskreis Historische Gärten der DGGL, Berlin, Neustadt, S. 55-70.
- N. N. (1806): Etwas über den Epheu, in: Neues hannoversches Magazin 16, S. 407-414.
- PICK, ROBERT, BEYER, STEFAN, DREWELLO, RAINER, FÖRSTER, DIETRICH, LABER, ANDREAS, RAUH, MANFRED, SCHMIEDINGER, ANDREAS und WEIßMANN, RUDOLF (2002): Denkmalpflege und Ökologie. Instandhaltung von ökologisch bedeutsamem Mauerwerk am Beispiel der Wallmauern der Festung Rosenberg in Kronach. Gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. (Denkmalpflege Informationen, hg. v. Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Ausgabe A 87).
- SCHAUBS, UTA (2001): Problemstellungen in der Auseinandersetzung zwischen Gartendenkmalpflege und Naturschutz (Vortrag gehalten im Rahmen der Facharbeitsgespräche des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums am 29.08.2001) <http://edoc.hu-berlin.de/kunsttexte/download/denk/schaubs.PDF> (eingesehen am 12.01.2015).
- SCHWEIGER, JOSEPH (1824): Ausbesserung und Herstellung alter Baudenkmale, in: Archiv für Geschichte, Statistik, Literatur und Kunst, Bd. 15, Nr. 95 und 96, S. 521-524, und Nr. 97, S. 530-532.
- SCHWEIGER, JOSEPH (1853): Andeutungen über Erhaltung und Herstellung alter Burgen und Schlösser, Gratz.

- SCHEIGER, JOSEPH (1857): Von dem Einflusse der Pflanzen auf die Zerstörung der Ruinen, in: Berichte und Mittheilungen des Wiener Alterthums-Vereins 2, S. 1-6.
- SCHROEDER, DIEDRICH (1992): Bodenkunde in Stichworten, 5. revidierte und erweiterte Auflage von WINFRIED E. H. BLUM, Berlin Stuttgart.
- SOBOTT, ROBERT und TRAUB-SOBOTT, IRENE (2016): Wartung und Pflege der Stadt- und Feldmauern der Stadt Goslar. Wartungskonzept erarbeitet im Auftrag der Stadt Goslar, Fachdienst Weltkulturerbe, Bauordnung, Denkmalschutz, in: Sanierung historischer Stadtmauern. Planung – Ausführung – Wartung, Fachkolloquium 10.11.2015 Goslar, hg. v. CHRISTINE H. BAUER und GABRIELE PATIZ, Stuttgart, S. 139-152.
- STRICKHAUSEN, GERD (2015): (Burgenbüro Dr. Strickhausen): „Burg Königstein, Baugeschichte“, (MS).
- WALTER, ERICH (2003): 1000-jähriges Kronach – Stadt und Umgebung. Heimatbeilage zum oberfränkischen Schulanzeiger, Nr. 308, Bayreuth.
- WIEßNER, STEFAN: Abgesägt – und dann? Überlegungen für eine effektive Gehölzpflege auf Böschungen, o. O. u. J., S. 4. https://www.kippenheim.de/media/boeschungspflege/Bad_Winzer_Bpfl.pdf (eingesehen am 28.07.2018).

Enno Steindlberger

Mauerkronensanierung auf Burg Königstein

Als Projektpartner im DBU-Projekt kamen dem Institut für Steinkonservierung (IFS) zwei Aufgabenschwerpunkte zu: Zum einen sollte die Sanierung der geschädigten Mauerzüge mit einer erfolgversprechenden Mörtelauswahl und den handwerklichen Arbeitsschritten wissenschaftlich begleitet werden, um eine optische, technische und hinsichtlich nachfolgender Wiederbegrünung bestmögliche Konzeption vorstellen zu können. Die Erprobung erfolgte praxisnah an Musterflächen innerhalb der sog. Spitzen Bastion und mit weiterem Erkenntnisverlauf mit ergänzenden Laboruntersuchungen. Als zweites Aufgabenfeld waren labortechnische Vorversuche zum Aufwuchsverhalten verschiedener Moosmischungen auf unterschiedlichen Substratträgern in Abhängigkeit einwirkender Klimaeinflüsse beauftragt. In diesem Textbeitrag werden die sanierungstechnischen Aspekte betrachtet. Die Vorversuche zur Wiederbegrünung werden durch HANE BUTTE (dieser Band, S. 59-72) vorgestellt.

Schadensentwicklung von Burgenmauerwerken

Unsere heutigen Burgen stellen vielgestaltige Baudenkmäler mit unterschiedlichen Erhaltungszuständen dar, die auf die erfahrene Geschichte mit ihren Einflüssen der Nutzung, kriegerischer Zerstörung, Umbauten, erfolgten Reparaturen usw. zurückzuführen sind. Die Burganlagen liegen in einem mehr oder weniger ruinösen Zustand mit reliktschen Mauerzügen und verfallenen, oft stark überwachsenen Mauerresten vor, die sukzessive von der Natur zurückerobert werden. Über die Zeit dienten die verfallenen Mauern nicht selten steinbruchartig als Lieferant für Baumaterial für den umliegenden Hausbau.

Die ursprüngliche Konzeption von Burgmauerwerken lässt sich in Innenräume mit vor Witterung schützenden „Umbauungen“ und in Außenwände mit entsprechend witterungsresistenterer Ausbildung durch Steinauswahl, Mauergefüge oder Putz unterteilen. Zudem waren die Gemäuer der Burganlagen mittels Dach oder Wehgang konstruktiv geschützt und unterlagen keinen großen Verwitterungsbelastungen bzw. Schädigungen, und Mängel wurden bedarfsweise repariert. Fehlen solche schützenden Elemente jedoch, unterliegen die

Mauern frei exponiert den Klimaeinflüssen und die Schadensentwicklung schreitet oft langsam und kaum sichtbar, aber doch stetig voran.

Insbesondere die offen der Bewitterung ausgesetzten Mauerkronen mit ihren horizontalen Mauerabschlüssen sind starken, wechselnden hygro-thermischen Belastungen ausgesetzt. Dies führt, bedingt durch die auftretenden Spannungen, über kurz oder lang zu Rissbildungen oder Ablösungen der Mörtel an den Steinflanken. Das dadurch vorgeschädigte Mauergefüge unterliegt dann im Falle anhaltender Durchfeuchtung oder Frostereignissen verstärkten Schadensprozessen, in deren Folge oft Ausbrüche einzelner Steine oder auch ganzer Bauteile stattfinden. Eine einsetzende natürliche Begrünung der Mauerkronenflächen puffert zwar einerseits die einwirkenden Klimabelastungen ab und bietet eine gewisse Schutzfunktion, andererseits verursacht die Durchwurzelung vor allem von Efeu oder verholzenden Büschen und Bäumen eine weitere Entfestigung und Zerrüttung des Mauerwerks. Sobald über Ausbrüche größere Witterungsangriffe ansetzen können, kommt es schnell zu umfassenden Verstärkungen (Abb. 1).



Abb. 1: Stark überwachsene und verstürzte Mauerreste am Pulverturm innerhalb der Burganlage Königstein.

Die vertikalen Abschnitte der Mauerflanke unterliegen vergleichsweise wenigen Belastungen. Vorausgesetzt, das Fugenbild und Steinmaterial bieten keine verstärkte Angriffsmöglichkeit für ablaufendes oder hochspritzendes Niederschlagswasser ins Mauerinnere, finden nur geringe Schadensprozesse statt. Kritisch müssen z. B. vorstehende oder rückspringende Steine bzw. Mörtelfugen betrachtet werden. Auch überfeste und gefügedichte Fugenreparaturen (insbesondere durch hochhydraulische, zementäre Mörtel oder unsachgemäße handwerkliche Oberflächenbearbeitung) können im Falle von Feuchteintrag zu sich hochschaukelnden Hinterfeuchtungen führen. Gelöste Salze können kapillar aufsteigen oder über die Mauerkrone eingetragen werden. In Abhängigkeit von Salzart und Konzentration kann es zu Problemen optischer oder salzsprengender Art kommen.

Am Mauerfuß finden erhöhte Durchfeuchtungsprozesse statt, die stark mit der Einbindung ins Erdreich aber auch mit einer bewuchsabhängigen oder morphologischen Spritzwasserbelastung korrespondieren (AURAS & SEIDEL 2007). Salzschäden und oft tiefe Auswaschungen an Stein oder Mörtel sind typische Verwitterungsschäden. Projektbezogen sind auf Burg Königstein stark wechselnde Untergründe festzustellen: in vielen Abschnitten sind kaum hohe Bodenfeuchten über einen längeren Zeitraum zu erwarten, da die geologische Untergrundbeschaffenheit aus klüftigen Schieferfelsen aufgebaut wird, die für eine zügige Entwässerung sorgen. Zahlreiche Mauerabschnitte sind zudem direkt dem anstehenden Felsen aufgesetzt. Auf der anderen Seite sind gerade auch im Bereich der angelegten Musterflächen an der Spitzen Bastion umfassende Auffüllungen erfolgt, die als regelrechtes Wasserreservoir dienen.

Baumaterial der Burg

Gesteine

An historischen Bauwerken spiegelt sich ein regional vorhandenes, zumeist in direkter Nähe zum Bauvorhaben liegendes geologisches Gesteinsrepertoire wider. Das Gesteinsmaterial gibt dann auch aufgrund seiner Abbau- und Bearbeitungsmöglichkeiten vor, ob z. B. schiefrige Bruchsteinmauerwerke, Zyklopenmauerwerke oder Quadermauerwerke daraus errichtet werden können. Insbeson-

dere die schiefrigen Mauerwerksgefüge waren aus optisch-ästhetischer oder aus witterungstechnischer Betrachtung häufig für einen Putzauftrag vorgesehen, (der dann häufig über die Zeit abgewittert oder aus „romantischen“ Gründen bewusst entfernt wurde). Die Burganlage Königstein besteht im Wesentlichen aus braungrauen bis grünlichen Tonschiefern und dem sog. Serizit-Gneis (auch als Taunus-Serizitgneis, Sericitgneis oder Grünschiefer bezeichnet). Dabei handelt es sich um ein infolge druck- und temperaturgesteuerter Metamorphose während der Gebirgsbildung mineralisch und strukturell umgewandeltes, ehemaliges vulkanisches Gesteinsmaterial, das durch den neu gebildeten Hellglimmer Serizit seine Namensgebung erlangte. Charakteristisch ist die schiefrige Ausbildung des Gefüges und die bläulichgrüne bis olivgrüne Farbgebung. Aus der Zeit des Silurs stammend, sind sie mit über 400 Millionen Jahren mit die ältesten Gesteinseinheiten innerhalb des Rheinischen Schiefergebirges. Die geologische Verbreitung erstreckt sich entlang des Taunus-Südkammes etwa von Wiesbaden bis über Königstein hinaus, wo es historisch in mehreren Steinbrüchen als Baumaterial abgebaut wurde.

Mörtel

Die kalkgebundenen Mörtel wurden über die Zeit hinweg grundsätzlich in vergleichbarer Weise unter Zugabe eines örtlichen Zuschlags (Gesteinskörnung) gemischt und verarbeitet. Ohne Einbindung der Bauforschung lässt sich daher nur schwer entscheiden, ob und inwieweit bauzeitliche oder nachträgliche Mörtel in den Mauerwerken oder als Putzauftrag vorliegen. Von den „alten“ Mörteln sind die jungzeitlichen, zementvergüteten Reparaturmörtel eindeutig abzugrenzen.

Auf Burg Königstein lassen sich „burgtypische“ historische Mörtelrezepturen aufzeigen. Aus vorangegangenen Kampagnen bauberatender Einbindung des IFS konnten diese bereits mehrfach belegt und untersucht werden: Die Mörtel sind beige-gelbliche Kalkmörtel bzw. Kalkspatzenmörtel mit einem Zuschlag aus örtlichen silikatischen Sanden oder Gesteinsbruchstücken aus dem Verwitterungsschutt der Taunus-Gesteine, entsprechend Schiefer und Quarz oder Quarzfragmente. Da grundsätzlich Bruchsteinmauerwerke auf Burg Königstein vorliegen, sind die Mauermörtel vergleichsweise hetero-

gen und oft mit deutlichem Überkorn angemischt. In einigen alten Mauerwerksmörteln konnte auch ein erhöhter Lehmanteil nachgewiesen werden. Je nach ursprünglicher Innen- oder Außenexposition oder in Funktion als Mauer- oder Putzmörtel usw. lässt sich eine gewisse Spannweite im Erscheinungsbild aufzeigen. Erst mit den jüngeren, zementären Mörtelrezepturen kommen verstärkt überregionale Flusssande bzw. standardisierte Bausande zum Einsatz.

Zwei Vergleichsproben älterer (wohl bauzeitlicher) Putzmörtel vom Pulverturm verdeutlichen diese Art von Mörtel (Abb. 2 und 3).

Für die im DBU-Projekt betrachteten Mauerabschnitte an der Spitzen Bastion lassen sich keine

Hinweise auf einen historischen Mörtel finden, dies ist mit den dort immer wieder stattgefundenen Reparaturen und Wiederaufmauerungen insbesondere im 20. Jahrhundert verbunden. Vielmehr liegt ein weißlicher, körniger, offensichtlich zementvergüteter Mauerputzmörtel zugrunde, der Ablösungen mit Rissen und Hohlstellen aufzeigt, die über die Zeit zu Steinausbrüchen und Fehlstellen führen. Um das überlieferte Bild der Mauerzüge auch nachfolgend präsentieren zu können, orientierte sich eine Mörtelnachstellung für die Sanierung an eben dieser Mörtelrezeptur (vgl. Kap. Labortechnische Untersuchung der historischen Mörtelmischung S. 42, Abb. 6).

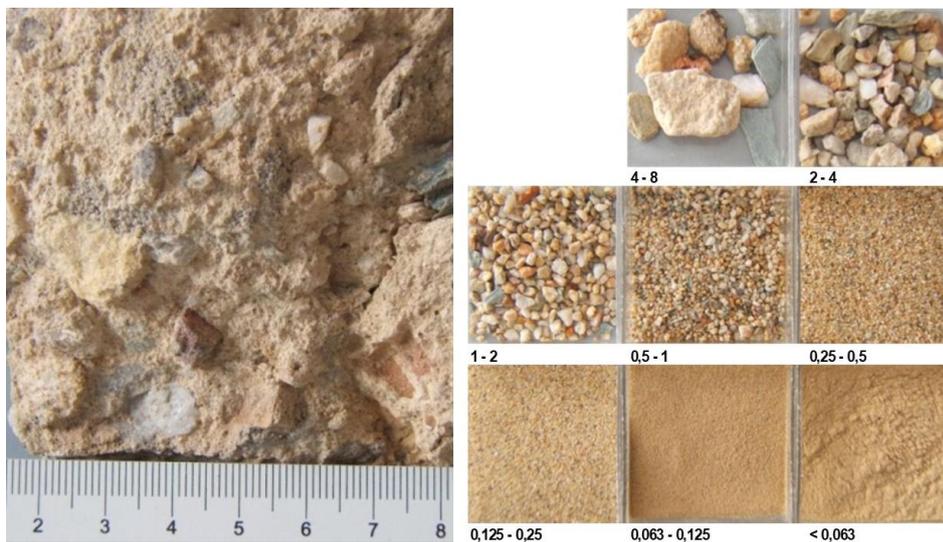


Abb. 2: Vergleichsprobe eines Außenputzmörtelrestes vom Pulverturm auf der Burganlage Königstein, auffällig ist die heterogene Zusammensetzung und die kaum gerundeten bis scharfkantigen Zuschlagskomponenten, (rechts: ausgesiebte Sande mit dazugehörigen Korndurchmessern).



Abb. 3: Vergleichsprobe eines kalkig-lehmigen Innenputzmörtels (Gewölbe) vom Pulverturm auf der Burganlage Königstein mit schiefrigen Zuschlagskomponenten, (rechts: ausgesiebte Komponenten mit dazugehörigen Korndurchmessern).

Bisherige Sanierungen

Die Burg Königstein als eine der größten Burgruinen Hessens lässt eine Bausubstanz aus dem 10. bis 18. Jahrhundert erkennen, wobei noch viele Bauteile erhalten und auch touristisch erschlossen sind. Gleichwohl unterliegen zahlreiche Mauern einer starken Verwitterung oder sind dem Verfall preisgegeben, insbesondere die kleineren Mauerreste sind oft vollständig von der Natur überdeckt (vgl. Abb. 1). Im Zuge der Sanierung von Mauerabschnitten hauptsächlich in den Jahren 1923-33, in den 1950ern und sukzessive seit 1997 orientierten sich die Baumaßnahmen bislang an „zeitgemäßen“ Materialien und handwerklichen Techniken, oft mit maschineller Spritzverfugung mit hochhydraulischen Mörteln (Kalk-Zement-Mischungen, Trasszement; Abb. 4). Das IFS und in persona Verfasser begleiten die jüngeren Baumaßnahmen seit nunmehr fast 20 Jahren mit wissenschaftlicher Beratung zu Altbestand und angepassten Reparaturmaterialien und Techniken. In diesem Zusammenhang wurden bereits einige Bauabschnitte mit einem natürlich hydraulischen Kalkmörtel (NHL) oder Trasskalk erfolgreich restauriert (Abb. 5). Als besondere



Abb. 4: Sanierungen mit hochhydraulischen Mörtelsystemen aus der jüngeren Vergangenheit. Die dichten, überfesten Anstragungen führen regelmäßig zu Folgeschäden.

Herausforderung ist jedoch stets die Sanierung der Mauerkronen anzusehen, da dort intensive Witterungseinflüsse und oft starke Durchwurzelung durch den Aufwuchs ansetzen. Durch die Einbindung des IFS in das Modellvorhaben zu einer naturverträglichen Sanierung sollen abgestimmte Materialien und Arbeitsschritte vorgegeben und im Sinne eines Monitorings auch über eine (möglichst lange) Zeitspanne wissenschaftlich begleitet werden.

Sanierungskonzepte im Projekt

Im DBU-Projekt begrenzte sich die Mauersanierung ausschließlich auf den Bereich der Mauerkronen, da dort umfassende Ausbrüche und Entfestigungen festzustellen waren, während sich Flanke und Mauerfuß in einem tragfähigen Zustand präsentierten. Vorrangiges Ziel bei der Sanierung von Mauerkronen muss sein, den einwirkenden Witterungsangriff auf den ungeschützten horizontalen oder bereits unregelmäßigen oder ausgebrochenen Mauerabschluss dauerhaft zu verringern oder auszuschließen. Bei den allermeisten Vorgehensweisen, und so auch hier, steht die Bewahrung des Ruinen-



Abb. 5: Partielle und auf die historische Kalksubstanz abgestimmte Reparatur des Mauerwerks mit einem NHL-Mörtel.

charakters mit überliefertem Mauergefüge im Vordergrund, wodurch bereits Alternativen wie z. B. Verblechungen, das Auflegen überdachender Werksteine oder ortbetonierte Abdeckungen ausscheiden. Der konstruktive Schutz kann entsprechend nur mit großformatigen Steinplatten mit möglichst abdachender Anordnung bei gleichzeitig engen Fugenbreiten erzielt werden. Solange übergroße saugfähige Mörtelkissen, Mörtelvertiefungen, aufstehende Steinkanten oder zu geringe Neigungswinkel vermieden werden, können anfallende Wasserlasten gezielt abgeführt werden, ohne dass es zu kritischen Durchnässungen kommt. Allerdings müssen die Steinformate fast wie in einer Art Puzzle genau ausgewählt werden, auch dürfen sie nicht zu klein oder zu dünn ausfallen oder gar hochkant eingebaut werden. Je mehr diese konstruktiven Elemente zugunsten einer kleinteiligen und somit anfälligeren Reparatur oder Wiederaufmauerung zurückgestellt werden, desto mehr muss ein entsprechendes Monitoring bzw. eine Kontrolle und Reparatur zukünftig eingeplant werden.

Zum Schutze und zur Abpufferung des einwirkenden Klimas können aktive Mauerkronenbegrünungen diskutiert werden; einige gängige Möglichkeiten werden in STANZL (2010) vorgestellt. Im Projekt wurde die das Klima abpuffernde Wirkung von Moosbewuchs auf die Mauerkrone durch STOLZE (S. 85-97) untersucht und als positiv bewertet.

Konkret für das Forschungsprojekt sollten die ausgewählten Mauerabschnitte auch nach Reparatur wieder in der überkommenen Ausgestaltung präsentiert werden, und das Bruchsteinmauerwerk aus Serizit-Gneis und Quarzit sollte vom Erscheinungsbild mit Gefüge und Material keinen wesentlichen Veränderungen unterliegen. Die Art und Weise der Aufmauerung war klar vorgegeben. Die Mauern sind sämtlich als nicht mehr original im Sinne einer bauzeitlichen Errichtung anzusprechen, vielmehr wurden die Mauern mehrere Meter tief umfassend neu aufgerichtet. Gemeinschaftlich wurde zu Projektbeginn der weißliche, recht feste, offensichtlich zementäre Reparaturmörtel aus der umfassenden Reparaturphase als Vorgabe zu den nachfolgenden Arbeiten festgelegt, der Mörtel ist über weiter Abschnitt in den projektbezogenen Mauerzügen nachgewiesen. Eine entnommene Mörtelprobe wurde labortechnisch durch das IFS untersucht, um

Bindemitteltypus, das Mischungsverhältnis von Bindemittel zu Zuschlag und Art und Verteilung des Zuschlags darstellen zu können (s. u.). Daran angelegt waren die favorisierten Mörtelsysteme farblich und strukturell als werkseitige Sondermischung anzupassen. Im Projektverlauf sollten dann vergleichende Untersuchungen zu den verbauten Mörteltypen durchgeführt und abschließend eine Aussage zu einer bestmöglichen Eignung eines Kandidaten getätigt werden.

Die Sanierung der Mauerzüge orientierte sich nach strikten Vorgaben durch das Burgenbüro Dr. Strickhausen und das IFS. Entsprechend wurden im Vorfeld Ortstermine mit Mörtelhersteller und Handwerksfirmen wahrgenommen, die die gestellten Anforderungen thematisierten. Konkret für das Anlegen der Musterflächen hieß das eine Wiederaufmauerung der defekten und entfestigten Mauerkrone, teilweise aber auch bis in tiefere Steinlagen hinab. Zu einer dauerhaften Sanierung von Mauerwerken und insbesondere von Mauerkronen sind die Regelwerke und der Stand der Technik strikt einzuhalten. Als wichtige Vorgaben sind zu nennen: Zur Ausbildung einer fugenarmen, ebenen und nach außen leicht abdachenden Oberfläche zur wirksamen Wasserableitung müssen die polygonalen Steinformate sorgfältig ausgewählt und versetzt werden, die Untermauerung ist entsprechend des historischen Gefüges vorzubereiten. Insgesamt sollen keine übergroßen Fugenbreiten oder Mörteltaschen ausgebildet werden, gleichzeitig muss der Mauermörtel gleichmäßig verstopft und verdichtet werden, ohne dass Hohlräume entstehen würden. Die Mörtelkonsistenz ist laut Herstellerangaben (erdfeucht) einzustellen, eigenmächtige, die Verarbeitung erleichternde Veränderungen sind unzulässig. Eine Vornässung ist klimaabhängig und bedarfsweise umzusetzen, die Ausbildung von Wasserfilmen auf den dichten und glatten Steinoberflächen bei Wasserbeaufschlagung ist zu verhindern, da hierdurch Trennlagen provoziert werden. Die obersten, die Mauer abdeckenden und die Eckpositionen an Versprüngen einnehmenden Steine müssen bereits allein durch ihre Auflast stabil im Mauergefüge verbleiben können, kleine Plättchen zum Auswickeln wittern dagegen erfahrungsgemäß schnell auf und lösen sich ab. Alle Steine sind im Lager zu verbauen. Die Fugen sind zur Vermeidung von Sinterschichten oder stark verdichteten und

überfestigten Oberflächen rau abzuziehen. In Abhängigkeit von den herrschenden Klimaparametern ist eine hinreichende Nachbehandlung mit Abhängung mit Jutestoff und eine wiederholende Befeuchtung zu gewährleisten. Eine entsprechende Zugänglichkeit auch am Wochenende muss durch den Handwerker oder eine beauftragte und eingewiesene Vertretung sichergestellt werden.

Das für Neuaufmauerungen und Auswickelungen benötigte Steinmaterial ist, soweit es noch stabil und unverwittert vorliegt, aus dem Mauerabbruch auszusortieren. Als Ergänzungsmaterial steht Serizit-Gneis mit zwei Steinbruchbetrieben in Fischbach und Mammolshain zur Verfügung; die Produktpalette umfasst polygonale Natursteinplatten vor allem für den GALA-Bau, Bruchsteine oder Verblendungen von Umfassungsmauern. Aus beiden Steinbrüchen wurde handverlesenes Bruchsteinmaterial be-

sorgt. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Auswahl vor allem auch größerer und dickerer Steinplatten, die als Mauerkronenabschluss fungieren sollen. Aufgrund der modernen, sprengenden Abbautätigkeit in den Steinbrüchen sind diese Großformate aber schwierig zu beziehen.

Zur Ausführung der genannten Arbeiten waren nur qualifizierte Fachfirmen oder Vorführtechniker zugelassen.

Labortechnische Untersuchung der historischen Mörtelmischung

Die entnommene Mörtelprobe wurde im Labor des IFS auf Bindemittel und Mischungsverhältnis sowie auf Art und Verteilung des Zuschlags (Bausand) untersucht. In Abbildung 6 ist die Mörtelanalyse aufgezeigt.

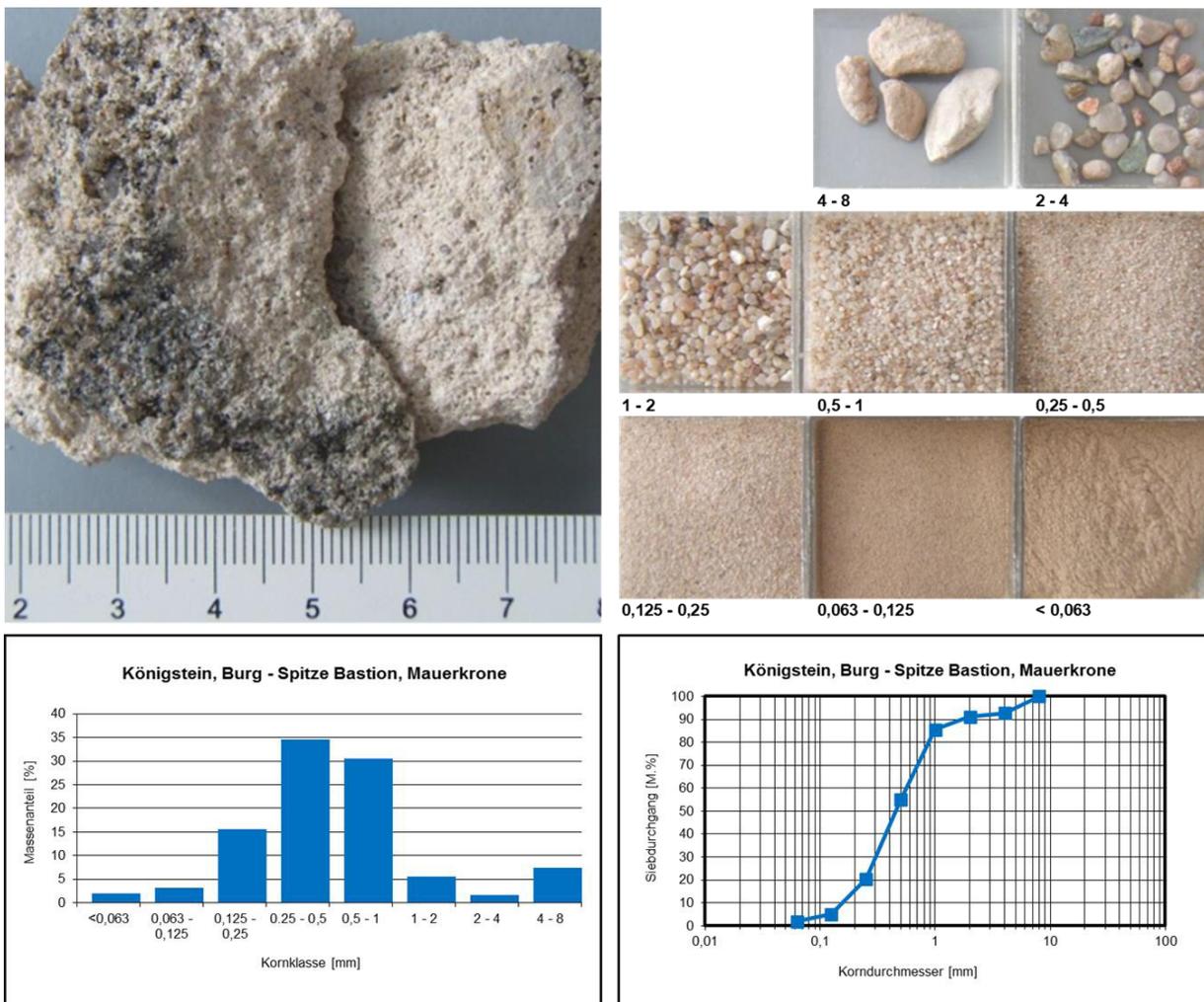


Abb. 6: Mörtelprobe von der Spitzen Bastion: Der weiße Mauermörtel ist zementär vergütet und wurde mit weißgrauem silikatischem Sand (Quarzsand) bis zu einer Körnung von 4-8 mm angemischt. Er dient als Vorlage für die anzulegenden Musterflächen.

Hiernach handelt es sich um einen hochhydraulischen Kalkmörtel, der Anteil an säurelöslichem SiO₂ im Bindemittel ist mit 16,46 M.% deutlich angereichert, was für eine zementäre Vergütung spricht. Der Nachweis von Magnesium (Mg) im Bindemittel im Sinne einer dolomithaltigen Komponente fällt mit 1,17 M.% gering aus und wird als nicht unübliche natürliche Beimengung aus dem Rohstoff Kalkstein angesehen (Carbonatgesteine sind oft aus hauptsächlich Kalk CaCO₃ und anteilig Dolomit CaMg(CO₃)₂ zusammengesetzt). Das Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis entspricht 1:3,9. Die Sieblinie verdeutlicht eine ausgewogene Verteilung, auffällig ist der Anteil eines Überkorns von 4-8 mm Siebweite. Der Sand ist ein runder bis scharfkantiger Quarzsand von heller, weißlicher Farbe, einzelne Sandkörner sind auch grau oder rötlich, in der Feinstkornfraktion nimmt der Sand eine ockerbeige Färbung an.

Historische Kalkmörtel und moderne Mörtelrezepturen

Verbunden mit den regional verfügbaren geologischen Rohstoffen lassen sich in vielen Gebieten Deutschlands historische Mörtelmischungen auf einer Bindemittelbasis Kalk belegen. Auch die Herstellung des Kalkbindemittels in Brennöfen (Meiler) und die Verfahren des Trockenlöschens blieben lange Zeit unverändert. Über die Jahrhunderte hinweg wurden entsprechend vergleichbare Grundmischungen in den unterschiedlichen Bauphasen eingesetzt. Auch auf Burg Königstein sind „alte“ Mörtel von den „modernen“, zementären Reparaturmörteln abzugrenzen. Typisch in den historischen Mörteln sind kleine, teilweise bis mehrere Zentimeter große sog. Kalkspatzen, die als Konkretionen während des Ablöschens als nicht vollständig zerfallenes Bindemittel zu verstehen sind.

Die Zugaben des Bausands orientieren sich ebenso an den örtlichen Rohstoffen. Prägend für altes Mauerwerk im und am Taunus sind einerseits eckige Gesteinsfragmente aus Quarzit oder Quarz und oftmals auch schiefrig-splittrige Komponenten der Schiefer und Tonsteine aus Zusammenlagerungen innerhalb des Verwitterungsschutts aus höheren Lagen; andererseits wurden mehr oder weniger gerundete silikatische Sande (Quarzsande) aus fluviatilen Ablagerungen größerer wie kleiner Vorfluter zugemischt. Im Vergleich verschiedener älterer

Mörtelsysteme unterschiedlicher Bauabschnitte auf der Burg wurden genannte Zuschläge in wechselnden Verhältnissen nachgewiesen (vgl. Abb. 2 + 3).

Durch den zunehmenden Einsatz zementärer und werkseitig gemischter Produkte ergeben sich im 20. Jahrhundert markante Materialwechsel, die meistens bereits optisch-haptisch identifiziert werden können. Die zementären Mörtel wurden aufgrund deren hoher Festigkeit und schneller Ausreagierung als einfach zu händelnde und augenscheinlich dauerhafte Reparaturmaterialien während der Baumaßnahmen angesehen. Auch auf Burg Königstein wurden in der jüngeren Vergangenheit solche dichten und spannungsreichen zementäre Fugenmörtel eingebracht. Flüchtig betrachtet sehen sie zwar stabil aus, oft lassen sich nach Überprüfung aber Hohllagen, Flankenabrisse, Spannungsrisse und damit verbunden Hinterfeuchtungen und Entfestigungen im Altbestand konstatieren. In der Bewertung sind sie daher als mangelhaft und unsachgemäß, oft auch optisch fragwürdig einzuschätzen (vgl. Abb. 4).

Aus dieser Kenntnis heraus ist ein Umdenken in der Auswahl an Mörtelrezepturen notwendig geworden. Heutzutage stehen sowohl handgemischte wie auch konfektionierte Fertigmörtel auf Basis Kalk i.w.S. zur Verfügung, die den optischen wie technischen und chemischen Anforderungen, vergleichbar den historischen Mörteln, gerecht werden und auf die verwendeten Mauersteine hinsichtlich Festigkeit oder Wasseraufnahme abgestimmt sind. Auch lassen Sondermischungen zur Mauerkronenproblematik (sog. Mauerkronenmörtel) oder zum feuchtebelasteten Sockelbereich eine nachhaltige Sanierung umsetzen.

Die heutigen Baukalke als Bindemittel für die Mörtelherstellung sind entsprechend Normung DIN EN 459-1: 2010-12 geregelt. Grundsätzlich werden dabei Luftkalke von hydraulischen Kalken unterschieden (vgl. Tab. 1+2, Abb. 7):

- Luftkalke reagieren über die sog. karbonatische Erhärtung durch eine CO₂-Aufnahme aus der Luft aus.
- Hydraulische Kalke erstarren und erhärten aufgrund der vorrangigen hydraulischen Reaktion auch unter Wasser, dabei werden silikatische, festigkeitssteigernde Mineralphasen gebildet. Zusätzlich findet eine Karbonatisierung statt. Die Hydraulizität kann durch Zumischen hydraulischer

scher Komponenten künstlich erzeugt werden oder liegt bereits natürlich vor. Hydraulische Kalke erlangen eine Anfangserstarrung, werden nach der 28 Tage-Festigkeit von Normmörteln klassifiziert und untergliedern sich hinsichtlich verfügbaren Kalkgehalts. Unterschieden wird in:

- Natürlich Hydraulische Kalke (NHL), die aus ton- oder kieselsäurehaltigen Kalksteinen (z. B. Mergelkalke) hergestellt werden,
- Hydraulische Kalke (HL), die sich aus Kalk und (zugemischten) hydraulischen oder puzzolanischen Materialien wie Zement, Hochofenschlacke oder Flugasche zusammensetzen,
- Formulierte Kalke (FL), die vornehmlich aus Luftkalk oder natürlich hydraulischem Kalk aber auch aus weiteren hydraulisch oder puzzolanisch wirksamen Zugaben zusammengesetzt sind. Die Inhaltsstoffe müssen

dabei deklariert werden; die Zusatzbezeichnungen A, B oder C entsprechend der jeweiligen Festigkeitsklasse 2, 3,5 oder 5 weisen auf den jeweilig verfügbaren Kalkanteil hin.

Die Erhärtungsreaktionen von Luftkalken und hydraulischen Kalken sind somit deutlich zu unterscheiden (Tab. 1).

Bezüglich der Festigkeitswerte von Mörteln werden diese normgerecht (DIN EN 998-2) in sog. Druckfestigkeitsklassen oder Mörtelgruppen bzw. Putzmörtelgruppen eingeteilt, dabei werden einer Klasse die erforderlichen Mindestfestigkeiten (1 / 2,5 / 5 MPa bzw. N/mm²) zugeordnet. Relevant hierfür ist die Druckfestigkeit nach 28 Tagen.

Tab. 1: Erhärtungsreaktionen von Luftkalk und hydraulischen Kalken:

Luftkalke	karbonatische Erhärtung	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
Hydraulische Kalke	zusätzliche hydraulische Erhärtung	$2\text{CaOxSiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaOxSiO}_2\text{xH}_2\text{O} + \text{Ca(OH)}_2$

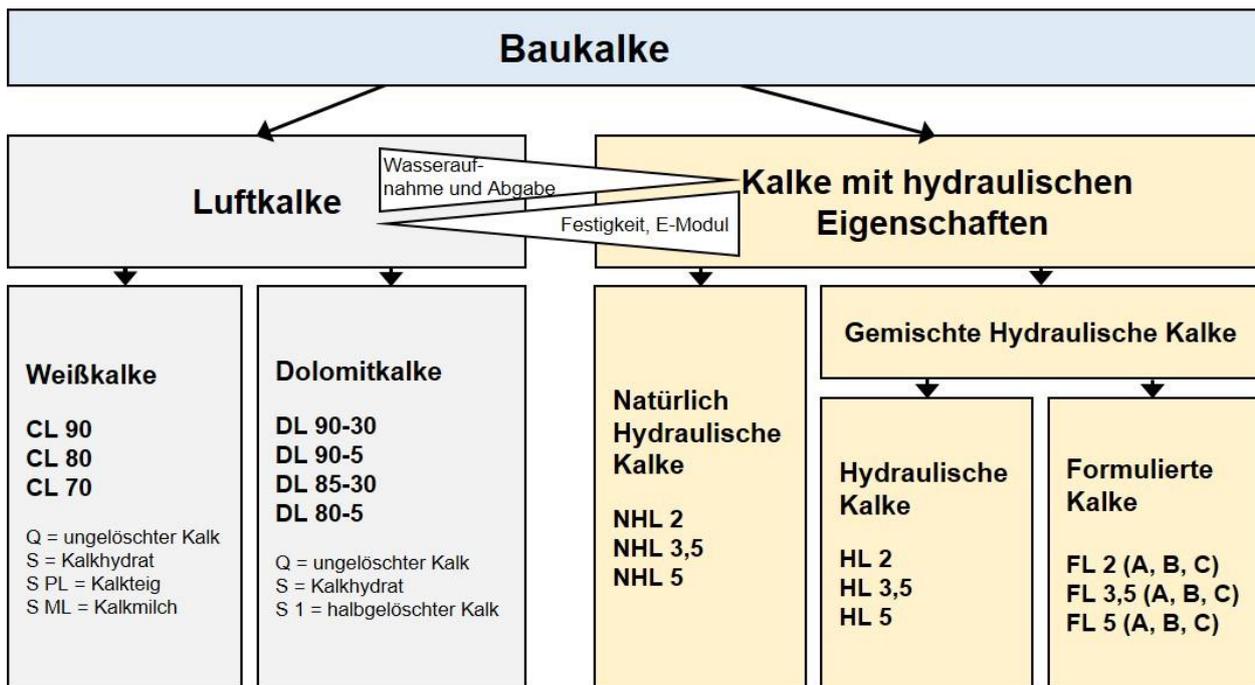


Abb. 7: Die Baukalke nach DIN EN 459-1.

Tab. 2: Chemische Zusammensetzung und Normfestigkeiten von Prüfmörteln mit unterschiedlichen Kalk-Bindemitteln (DIN EN 459-1):

Bezeichnung	Kurzzeichen	chem. Zusammensetzung (M.%)			Druckfestigkeit [MPa] nach 28 Tagen
		CaO + MgO	MgO	verfügbarer Kalk	
Weißkalk 90	CL 90	≥ 90	≤ 5	≥ 80	
Weißkalk 80	CL 80	≥ 80	≤ 5	≥ 65	
Weißkalk 70	CL 70	≥ 70	≤ 5	≥ 55	
Natürlich Hydraulischer Kalk 2	NHL 2			≥ 35	≥ 2 ... ≤ 7
Natürlich Hydraulischer Kalk 3,5	NHL 3,5			≥ 25	≥ 3,5 ... ≤ 10
Natürlich Hydraulischer Kalk 5	NHL 5			≥ 15	≥ 5 ... ≤ 15
Formulierter Kalk 2	FL 2				≥ 2 ... ≤ 7
Formulierter Kalk 3,5	FL 3,5				≥ 3,5 ... ≤ 10
Formulierter Kalk 5	FL 5				≥ 5 ... ≤ 15
FL A	FL A (2 / 3,5 / 5)			≥ 40 ... < 80	
FL B	FL B (2 / 3,5 / 5)			≥ 25 ... < 50	
FL C	FL C (2 / 3,5 / 5)			≥ 15 ... < 40	
Hydraulischer Kalk 2	HL 2			≥ 10	≥ 2 ... ≤ 7
Hydraulischer Kalk 3,5	HL 3,5			≥ 8	≥ 3,5 ... ≤ 10
Hydraulischer Kalk 5	HL 5			≥ 4	≥ 5 ... ≤ 15

Auswahl von Mörtelsystemen

Die im Projekt benötigten Reparaturmörtel sollten in der Modifikation als Mauerkronenmörtel Anwendung finden, da ausschließlich für diesen Bereich die Sanierungsschwerpunkte definiert wurden. Verbunden mit der besonderen Bewitterungsproblematik sind solche Sonderrezepturen gegenüber den Standardmischungen mit angepassten Eigenschaftsprofilen ausgestattet (s. u.).

Für das Projekt ergab sich die günstige Situation, dass der Mörtelhersteller Tubag neben den bereits marktüblichen NHL- und HL-Mauerkronenausführungen eine neue Produktschiene auf Basis FL platzieren wollte, hierfür jedoch noch keine Langzeiterfahrungen an Referenzobjekten aufzeigen konnte. Über eine Zurverfügungstellung von Fertigprodukten mit den drei verschiedenen Bindemitteltypen bot sich eine wissenschaftliche, neutrale Überprüfung an. Mittlerweile ist die FL-Mauerkronenvariante in das Sortiment aufgenommen worden. Der HL-Mörtel ist auf Basis Kalk-Trass-Zement rezeptiert. In Anlehnung an die vorab getätigte Mörtelanalyse des an der Spitzen Bastion verwendeten weißen Mörtels (vgl. Abb. 6) wurden alle drei Mauerkronenmi-

schungen werkseitig in der Sieblinie und Farbe des Sandes angepasst.

Die Tubag-Fertigmörtel sind als Variante Mauerkronenmörtel wie folgt spezifiziert:

- NHL-F 04, M1 / M2,5 90d
(Bindemittelbasis NHL 5 gemäß DIN EN 459-1),
- FL-F 04, M1 / M2,5 90d
(Bindemittelbasis FL B 3,5 mit CL60, P25 (Trass), Q15 (Metakaolin) gemäß DIN EN 459-1),
- TKF-F 04, M2,5
(Bindemittelbasis HL 5 gemäß DIN EN 459-1 ≙ Trasskalk bzw. Kalk-Trass-Zement),
- Alle drei Typen mittels Na-Oleat zur Reduzierung der kapillaren Wasseraufnahme auf einen w-Wert von ca. 2 kg/m²√h eingestellt,
- Dispersionspulver zwecks verbesserter Flankenhaftung.

Die Eingruppierung der Mörtel bzw. Festmörtel erfolgt entsprechend DIN EN 998-2:2010-12 bzw. EN 998-2:2010 (D). Konkret für die verwendeten Mörtel bedeutet das eine normierte Mindestdruckfestigkeit von 1 bzw. 2,5 MPa (M1 bzw. M2,5) nach 28 Tagen sowie als zusätzliche Deklaration eine Druckfestig-



Abb. 8: Bereich innerhalb der Spitzen Bastion mit den abgestuften Mauerzügen, die nachfolgend als Musterflächen dienten (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 9: Detailaufnahme der Mauer im Vorzustand mit Steinausbrüchen (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).

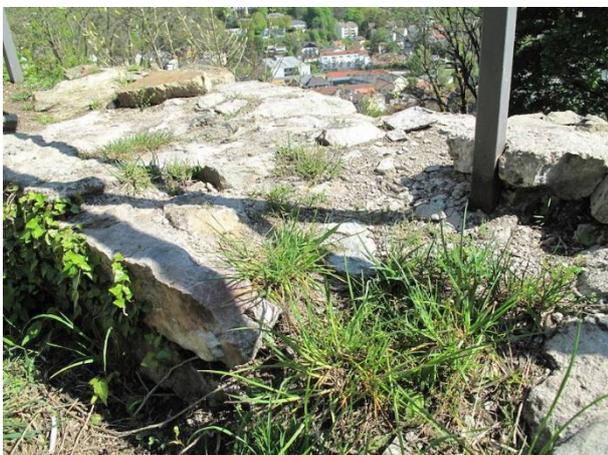


Abb. 10: Detailaufnahme der Mauer im Vorzustand mit Mörtelaufwitterung und Grünwuchs (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).

keit von 2,5 MPa nach 90 Tagen (M2,5 90 Tage; die zementfreien, kalkreichen NHL- und FL-Mörtel benötigen zur Aushärtung eine längere Zeit).

Im weiteren Verlauf des Projektes wurde zusätzlich eine baustellengemischte Mörtel-Variante mit in die Untersuchung aufgenommen. Die genaue Rezeptur ist beim IFS hinterlegt, wird an dieser Stelle jedoch pauschal unter einer zementär vergüteten Kalkmörtelmischung aus NHL 3,5, CL 90 und HOZ unter Verwendung zweier Sandmischungen aus Niederweimar und Wabern vermerkt.

Die werkseitig mit Körnung 0-4 mm rezeptierten und somit recht homogen wirkenden Fertigmörtel wurden ebenso wie der baustellengemischte Mörtel zu Vergleichszwecken in parallel ausgeführten Musterflächen zusätzlich mit einem Überkorn 8 mm modifiziert, um eine „rustikalere“, optisch ansprechendere Mörtelantragung diskutieren zu können. Das Überkorn entspricht zudem der vorgefundenen Rezeptur.

Musterflächen

Der Mauerzug an der Spitzen Bastion (Abb. 8) wurde mit Projektbeginn im Jahre 2017 begutachtet und in sechs Sektionen mit vergleichbaren Schäden und korrespondierendem Sanierungsbedarf untergliedert. Somit standen jeweils zwei Abschnitte für die Aufbringung von den zunächst drei ausgewählten werkseitigen Mörtelsystemen mit 0/4er Korn zur Verfügung. Die Unterteilung erfolgte auch dahingehend, dass jeweils die Hälfte der Musterflächen durch Baumbestand zeitweise beschattet wurde und die andere Hälfte der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt war. Durch die unterschiedlichen Bewitterungssituationen sollten mögliche Auswirkungen auf die Mörteldauerhaftigkeit und auch auf die Entwicklung des biologischen Aufwuchses aufgezeigt werden. In allen Mauerabschnitten musste eine Neuaufmauerung mit Serizit-Gneis in den oberen 2-3 Steinlagen zur Ausbildung einer definierten Mauerkrone stattfinden. Die vor Ort arbeitenden Handwerker entsprechend Arbeitstechnik sind für alle Musterflächen beizubehalten, da nur so die sich lediglich in der Mörtelauswahl unterscheidenden Musterflächen gegeneinander verglichen und beurteilt werden können.

Die Abbildungen 9+10 zeigen die Vorzustände mit Schädigungen der Mauern bzw. Mauerkronen.

Die erfolgten Arbeiten an den Musterflächen werden nachfolgend chronologisch aufgeführt:

- 1) Die ersten Musterflächen auf Basis TKF, FL- und NHL-Kalk wurden am 18. Mai 2017 angelegt. Die Produkte wurden durch Fa. Tubag bereitgestellt und auch die handwerklichen Techniken usw. durch deren Vorführmeister vorgegeben (Abb. 11+12).

Ausgehend von einer mangelhaften bis fehlenden Nachbehandlung, die zudem unter dem Einfluss extremer Witterung (hohe Temperaturen, tagelang direkte Sonneneinstrahlung) stand, musste nach einer ersten Begutachtung festgestellt werden, dass alle Flächen schon früh nicht akzeptierbare starke Schäden aufwiesen. Die verbrannten Mörtel konnten nicht die erforderliche Ausreaktion und Frühfestigkeit, geschweige ausreichende Endfestigkeit erreichen. Diese

Musterflächen wurden daher nicht weiterverfolgt und verworfen.

- 2) Eine Neuanlage aller Musterflächen erfolgte daraufhin zwischen 25. September und 11. Oktober 2017, erneut mit den drei genannten Mörteltypen. Ein expliziter Hinweis auf die notwendigen Nachbehandlungen erfolgte selbstredend. Nach Einfluss der winterlichen Bewitterung mit Schnee, Durchfeuchtung und Frost erfolgte eine neuerliche Begutachtung im Februar 2018. Augenscheinlich traten an den NHL-Musterflächen sowohl an den horizontalen als auch an den vertikalen Fugen umfassende Frostschäden auf (Abb. 13), während der FL- und der Trass-Kalk weitaus besser mit lediglich geringen Schadensbildern dastand (Abb. 14). Die weitere Betrachtung zur Dauerhaftigkeit bzw. Schadensentwicklung des NHL-Mörtels wurde daher zugunsten der beiden anderen Systeme abgebrochen und die Flächen verworfen.



Abb. 11: Verfugarbeiten an der frisch aufgesetzten Mauerkrone (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 12: Frisches Steinbruchmaterial aus Serizit-Gneis zwecks Ergänzung von Fehlstellen (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 13: NHL-Musterfläche mit aufgefrorener Verfugung im sanierten Kronenbereich.



Abb. 14: Direkter Vergleich der Musterflächen mit TKF (links) und FL (rechts) mit intakter Verfugung; der hochkant eingebaute Stein dient als Begrenzungspunkt (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 15: Wiederanlegung der Musterfläche diesmal mit TKF, große Steinformate bilden den randlichen Mauerkronenabschluss
(Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 16: Musterfläche mit TKF nach Abschluss der Arbeiten (Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 17: Schäden im FL-Mörtel nach Standzeit über zwei Winter. Im Hintergrund die aufgebrauchten Substrate zur Ansiedlung der Moosbegrünung
(Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).

- 3) Nach Ende der Winterpause wurde am 12. April 2018 eine erste verworfene NHL-Fläche durch Trass-Kalk ersetzt (Abb. 15).
- 4) Am 16. Oktober 2018 erfolgte eine zweite Aufmauerung mit Trass-Kalk an der anderen verworfenen NHL-Fläche (Abb. 16). Die Arbeiten wurden durch eine GALA-Firma getätigt, während die vorherigen Maßnahmen durch Baufirmen und unter Anleitung des Vorführmeisters der Fa. Tubag geleistet wurden.
- 5) Nach Standzeit über den zweiten Winter wurden die alten und neu angelegten Muster in Februar, März und Mai 2019 erneut begutachtet. Bereits vorhandene kleinere z. B. Risse oder Aufschuppungen lagen nunmehr oft deutlich stärker ausgebildet vor. Vor allem am FL-Mörtel zeigten sich umfassende Frostschäden (Abb. 17). Die entsprechend nicht weiter verfolgten Musterflächen wurden verworfen und neu mit FL- und Trass-Kalk jeweils standardisiert und mit Überkorn versehen sowie mit einer zusätzlichen handwerklichen Baustellenmischung auf Basis Kalk-Zement ausgestattet. Die leichte Modifizierung mittels Überkorn von 8 mm wurde bewusst eingebracht, um eine lebhaftere Struktur zu erzeugen. Die Arbeiten fanden vom 5.-8. August mit Endverfugung zwischen dem 2.-5. September 2019 statt.

Nachkontrollen der Mörtel vor Ort

Die Nachkontrollen wurden gemeinsam mit dem Burgenbüro Dr. Strickhausen wahrgenommen, sie erfolgten zu mehreren Zeitpunkten und insbesondere nach Einwirkung der Winterzeit. Im Zuge der optisch-haptischen Begutachtungen der angelegten Musterflächen wurden neben offensichtlichen Schadensbildern auch die stattgefundenen Mörtelreaktionen kritisch überprüft. Dabei steht in erster Linie die Festigkeitsentwicklung mit einer Carbonatisierung eng verbunden. An mehrere Zentimeter tief freigelegten Fugen konnte der Carbonatisierungsfortschritt allgemein als nur sehr langsam und oft nur an der Oberfläche oder über Mikrorisse stattfindend festgestellt werden. Die tieferen Mörtelbereiche waren noch hochalkalisch und nicht ausreagiert. Der Versuch lässt sich mittels Phenolphthalein leicht verdeutlichen, (die hohe Alkalität bedeutet einen hohen pH-Wert, der sich in einer violetten Fär-

bung nach Aufsprühen verdeutlicht, der Umschlagpunkt des Indikators liegt bei pH 8, durchcarbonatisierte Mörtel zeigen entsprechend keine Farbveränderung an; Abb. 18-21). Die Mörtel bildeten somit eine nur oberflächliche Erhärtung aus, während tiefere Mörtellagen noch minderfest und mürbe und somit gegenüber z. B. Frostangriffen sehr anfällig waren. Erst nach längerer Standzeit fand eine mehr oder weniger zunehmende oder vollständige Carbonatisierung statt, in einigen Situationen stagnierte der Prozess jedoch auch (Abb. 21, Tab. 3).

In Tabelle 3 sind die Carbonatisierungsfortschritte in den verschiedenen Musterflächen bzw. Mörtelmischungen zu ausgewählten Kontrollterminen aufgezeigt. Eine eindeutige Aussage ist hierbei schwer zu tätigen, da die Überprüfung an unterschiedlichen, oft differierend ausgebildeten Fugen stattfand, (so

erklären sich auch „abnehmende“ Carbonisierungstiefen).

Auffällig waren auch die häufigen Flankenabrissse zum Stein, die mit einer intensiven Durchfeuchtung einhergehen, was sich gut anhand der ansetzenden Vergrünung belegen lässt. Hier setzt die feuchte-technische bzw. frostbedingte Verwitterung an. Die Problematik von Flankenabrissen steht einerseits mit den stark einwirkenden Temperaturspitzen und den hygrischen Quellungen in Stein und Mörtel, andererseits mit den glatten Steinoberflächen, die oft nur eine ungenügende Verklammerung zulassen, in Verbindung. Die glatten Steinflächen führen mangels rauer, poriger Ausbildung leicht zu einem „Aufschwimmen“ der verbauten Steine, vor allem, wenn durch Vornässung, Niederschlag usw. ein dünner Wasserfilm auflagert; dieser dient dann nachfolgend als regelrechte Wasserbahn.



Abb. 18: Schäden im NHL-Mörtel nach/während erstem Winter 2017/2018. Der Nachweis der Carbonatisierung belegt diese nur für die Oberflächenschicht von 1-2 mm.



Abb. 19: Geringer, nur an der Oberfläche und an den Steinflanken über Mikrorisse erfolgter Carbonatisierungsfortschritt, Nachkontrolle im November 2019 im Musterfeld FL-Kalk mit 8er Überkorn (nach Standzeit von 3 Monaten; Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen).



Abb. 20: Erreichter Carbonatisierungsfortschritt von 6-7 mm, Nachkontrolle im Juli 2020 im Musterfeld Baustellenmischung (nach Standzeit von 11 Monaten).



Abb. 21: Abgeschlossener Carbonatisierungsfortschritt, Nachkontrolle im Juli 2020 im Musterfeld Trass-Kalk (nach Standzeit von 34 Monaten).

Tab. 3: Carbonatisierungsfortschritte über die Zeit in verschiedenen Musterflächen

Mörtelrezeptur / Musterfläche / Herstellungsjahr	Carbonatisierungstiefe [mm], 08.11.2019	Carbonatisierungstiefe [mm], 22.07.2020
TKF-F 04 / M 2,5 / 2017	5-15	vollständig
TKF-F 04 / M 2,5 / 2017	bis 10	über Oberfläche: 4, an Flankenabrissen zum Stein: 15-20
TKF-F 04 / M 2,5 / 2018	1-6	20, alleinig über die Oberfläche
TKF-F 04 / M 2,5 / 2018	bis 10	über Oberfläche: 8, an Flankenabrissen zum Stein: 15-20
TKF-F 04 / M 2,5, mit Nachverfugung / 2019	0-2	Nachverfugung carbonatisiert bis 15-20, in der Tiefe nicht
TKF-F 04 / M 2,5, mit 8er Korn, mit Nachverfugung / 2019	bis 2	3-4
Baustellenmischung NHL 3,5, CL 90, HOZ mit 8er Korn / 2019	bis 10	6-7
FL-F 04 / M 1 / M 2,5 90 Tage / 2019	2-3	4-20
FL-F 04 / M 1 / M 2,5 90 Tage, mit 8er Korn, mit Nachverfugung / 2019	0-1	0-2

Bislang nicht eindeutig zu erklären sind die mehrfach und insbesondere in den FL-Mischungen festgestellten Phänomene von trockenen, mürben und sandartig vorliegenden, gleichzeitig aber regelrecht hydrophoben Mörtellagen oft direkt unterhalb einer dünnen, nur wenige Millimeter mächtigen, festen Oberflächenebene. Der Nachweis erfolgte nach längeren Niederschlägen, die zu einer ansonsten starken Durchfeuchtung der Mauerzüge führten. Solch ausgestaltete trockene Mörtellagen stagnieren in ihrem Erhärtungsprozess, da hierfür eine gewisse Porendurchfeuchtung voraussetzend ist; der betroffene Mörtel bleibt entsprechend sehr anfällig. Die Hydrophobizität kann mit der Sonderrezeptur eines Mauerkronenmörtels ansatzweise erklärt werden (Reduzierung in der kapillaren Wasseraufnahmefähigkeit, jedoch keine Ausbildung einer vollständigen Wasserabweisung!), eventuell liegen hier aber nicht ausgereifte Mischungsverhältnisse oder Wechselreaktionen vor?!

Die weichen, nicht ausgehärteten Mörtel unterliegen über Risse und Fehlstellen einer punktuellen Durchfeuchtung. Spätestens in den tieferen 1 bis 2 Steinlagen mit deren plattig-schiefrigen Ausbildungen entstehen horizontal aufstauende Elemente, die das Wasser alleinig an die Außenbereiche ableiten können. Sind infolge ursprünglicher Wasserhäutchen auf den Steinlagen (Thema Vornässen oder Niederschlag) noch zusätzliche Wasserbahnen ausgebildet, verstärken sich diese Prozesse erheblich. Der ausgewaschene und mitgeführte Kalk aus dem Bindemittel setzt sich dann an den Außenflächen als Kalksinter ab (Abb. 22). Letztendlich entsteht so schnell eine Auslaugung des neu eingebrachten Mörtels, was zu weiterer Anfälligkeit führt.

Aber auch handwerkliche Mängel sind nachzuweisen, die in der Summe zu Schadensprozessen beitragen: Eine unvollständige Mörtelzubereitung oder Mörtelverdichtung führt zwangsläufig zu Hohlstellen oder Wassertaschen (Abb. 23). Auch unregelmä-

Bige und vertiefte Mörtelfugen führen durch Pfützenbildung zu einer länger einwirkenden Wasserbelastung, (die dann wiederum über Mikrorisse usw. in die Tiefe abgeleitet werden kann; Abb. 24). Insbesondere bei kleinstückigem Steingefüge entstehen oft unverhältnismäßig große und breite Fugenkreuze, die bei aufstehenden Steinkanten eine Hinterfeuchtung forcieren. Gerade auch die dünnen Schieferplättchen frieren dann oft beim ersten Frost auf, auch weil sie eine nur geringe Verzahnung mit dem Mörtel bedingen und keine große Eigenlast mitbringen. Markant verdeutlichen sich die feuchte-technischen Schäden auch an den Eckbereichen: Obwohl schon größere Steingeometrien verarbeitet wurden, binden Ecksteine zwangsläufig nicht an allen Seiten ins Mauergefüge an, in der Konsequenz treten über Spannungen und Hinterfeuchtungen schnell Abscherungen und Ausbrüche der Steine auf (Abb. 23). Die geschilderten Mängel wurden an allen Musterflächen in unterschiedlicher Häufigkeit beobachtet. Die jüngst umgesetzten Musterflächen sind gegenüber den älteren aufgrund der geringen Standzeit sicherlich unter Vorbehalt zu diskutieren, jedoch sind auch hier bereits handwerkliche Schwächen festzustellen.

Mörtelüberprüfungen im Labor

Die Eigenschaftsprofile von werkseitigen Mörtelrezepturen werden unter Laborbedingungen entsprechend der geltenden Normungen überprüft (vgl. Abb. 7, Tab. 2). Oft deutlich anders sieht dagegen die Realität an stark bewitterten Mauerkronen mit den objektspezifischen Erschwernissen einer notwendigen Vor- und Nachbehandlung oder den personenabhängigen, individuellen Fähigkeiten bei der handwerklichen Umsetzung aus. Auf die daraus entstehenden bautechnischen Mängel wurde bereits hingewiesen.

Dennoch wurde auch im Projekt über zurückgestellte Trockenmischungen eine labortechnische Untersuchung gestartet, um die grundsätzlichen Mörtel Eigenschaften der verwendeten Varianten gegeneinander abgleichen zu können.



Abb. 22: Infolge Bindemittelauswaschung kommt es zu seitlich hinablaufenden Kalksinterungen („Tropfsteine“), TKF-Musterfläche.



Abb. 23: Durch die mangelhafte Unterfütterung und gleichzeitige Ausbildung einer glatten Kontaktfläche im Mörtelbett (mit Sinterhaut, bedingt durch Wasserhäutchen) verliert der Eckstein schnell den Verbund zum Mauerwerk und löst sich ab.



Abb. 24: Pfützenbildung verdeutlicht sich gut durch die einsetzende Vergrünung, am oft mangelhaften Kontakt von Mörtel zum Stein entstehen Risse, in die Feuchte eindringen und Vergrünung ansetzen kann.

Im Labor des IFS wurden aus allen vor Ort verarbeiteten Mörteln nach geltenden Vorschriften Mörtelprismen der Maße 4x4x16 cm hergestellt (Abb. 25). Die Prismen wurden entsprechend gelagert und nachbehandelt und mit einer ersten Charge zeitgenau an die MPA Wiesbaden übersandt, um die 28-Tage-Druckfestigkeit, die Biegezugfestigkeit, den dynamischen E-Modul, die Rohdichte und die Carbonatisierungstiefe ermitteln zu lassen. Die jeweils aus zwei Proben gemittelten Kennwerte sind in Tabelle 4 aufgezeigt. Hiernach haben die Mörtel nur randlich eine Carbonatisierung umgesetzt, sie erreicht Tiefen zwischen 1-4 mm; der FL-Kalkmörtel zusätzlich mit 8er Korn ausgestattet, zeigt dabei die höchste Ausreaktion. Die Ergebnisse zur Carbonatisierungstiefe sind damit im Ansatz mit denen vor Ort vergleichbar, wo über eine kurze Zeitdauer ebenfalls nur oberflächennahe oder an Risse gebundene Reaktionen stattfanden. Die Druckfestigkeiten wurden entsprechend der Mörtelengruppierung erwartet. Der NHL- und der Baustellenmörtel weisen mit Werten unter 1 MPa eine nur geringe Festigkeitsentwicklung auf. Der NHL-Werksmörtel erreicht die Zielfestigkeit knapp nicht, (aufgrund der geringen Probenmengen wird ein grundsätzliches Erreichen der Festigkeit entsprechend der Eingruppierung jedoch nicht angezweifelt). Somit wird gut die stofflich bedingte langsamere Festigkeitsentwicklung aufgezeigt, die sich gegenüber den zementär oder hydraulisch aktiveren Mörteln (TKF,

FL) klar abgrenzt. Der Baustellenmörtel ist nicht klassifiziert, mischungsbedingt ist jedoch auch von einer zeitintensiveren Festigkeitsentwicklung auszugehen. Die werkseitigen FL- und TKF-Mörtel bewegen sich im Rahmen der zu erwartenden Festigkeitsentwicklungen. Die individuelle Zugabe von 8er Korn senkt die Festigkeit merklich herab.

Über zahlreiche interne Mörteluntersuchungen im Labor und von Objekten ist bekannt, dass insbesondere die NHL-Mörtel deutlich längere Zeit zur Erreichung ihrer Endfestigkeit bzw. einer gewissen Witterungsbeständigkeit benötigen, während stärker (zement)hydraulisch wirkende Bindemittel (TKF) in kürzeren und überschaubareren Zeiten zu einer Aushärtung beitragen (GÖDICKE-DETTMERING & STRÜBEL 1996, GOEDEKE & GORETZKI 2007). Allein über eine 28-Tage-Festigkeit sollte daher keine grundsätzliche Mörtelreife ausgesagt werden. Entsprechend wurden die verbliebenen Mörtelprismen zu einem deutlich späteren Zeitpunkt erneut an die MPA zur Ermittlung der oben aufgeführten Parameter geliefert. Die Lagerungsdauer lag bei nicht normierten 8 Monaten. In der Annahme einer nun ausreichenden Ausreaktionszeit sollten die Kennwerte dann doch deutlich „besser“ ausfallen. In Tabelle 4 sind die physikalisch-technischen Kennwerte nach 28 Tagen und 8 Monaten gegenübergestellt.



Abb. 25: Labortechnisch hergestellte Mörtelprismen (4x4x16 cm) der relevanten sechs Rezepturen.

Tabelle 4: Mörteltechnische Kennwerte zur Festigkeit sowie Carbonatisierungsfortschritt nach 28 Tagen und 8 Monaten:

Probe	Rohdichte [g/cm ³]		Druckfestigkeit [MPa]		Biegezugfestigkeit [MPa]		dyn. E-Modul [MPa]		Carbonatisierungstiefe	
	28 d	8 mon	28 d	8 mon	28 d	8 mon	28 d	8 mon	28 d [mm]	8 mon [%]
NHL 0-4 mm, Fa. Tubag	1,82	1,86	0,80	3,67	0,35	0,86	3395	7250	1,0-1,5	100
FL 0-4 mm, Fa. Tubag	1,88	1,91	3,85	4,80	0,83	0,75	5255	5255	1,5-2,0	100
FL 0-4/ 8 mm, Fa. Tubag	1,82	1,84	2,99	3,07	0,72	0,53	4150	4330	4,0	100
TKF 0-4 mm, Fa. Tubag	1,61	1,65	4,75	6,06	1,82	1,85	6570	7240	1,5-2,0	100
TKF 0-4/ 8 mm, Fa. Tubag	1,58	1,60	3,43	4,20	1,22	1,17	5380	5610	1,5-2,0	100
Baustellenmischung Kalkzement 0-4/ 8 mm	1,92	1,94	0,81	3,51	0,27	0,55	3180	5370	1,0-1,5	100

Ein wesentliches Ergebnis in der neuerlichen Betrachtung besteht darin, dass mittlerweile alle Labormörtel zu 100% durchcarbonatisiert sind, (was im Widerspruch zu den an der Mauerkrone verarbeiteten Mörteln steht). In der Konsequenz sollten auch die Festigkeitsentwicklungen weitgehend abgeschlossen sein. Anhand der NHL-gebundenen Mörtel und der Baustellenmischung ist dieses definitiv nachzuweisen: Die Druckfestigkeit liegt nunmehr bei 3,67 (zuvor 0,80) bzw. 3,51 (zuvor 0,81) MPa. Auch die FL-Mörtel und die TKF-Mörtel weisen einen - wenngleich auch geringeren - Festigkeitszuwachs auf, sie hatten bereits zuvor schon eine weitgehende Aushärtung vollbracht.

Biegezugfestigkeit und E-Modul korrespondieren mit den genannten Parametern. Teilweise sind die Werte zur Biegezugfestigkeit sogar leicht rückläufig, was aber auf die Spannbreite innerhalb der Wertermittlungen zurückzuführen ist.

Innerhalb des IFS wurden an den Mörtelprismen Versuche zur Wasseraufnahme durchgeführt. Da es sich bei den werkseitig gemischten Rezepturen alle um Mauerkrone-mörtel mit reduziert eingestellter kapillarer Wasseraufnahme (Wasseraufnahmekoeffizient = w-Wert = 2 kg/m²√h) handelt, sollten die Werte labortechnisch reproduzierbar sein.

Entgegen dieser Annahme verdeutlichen sich bis auf Ausnahme beider TKF-Modifikationen jedoch alle anderen Mörtel mit deutlich höheren kapillaren Saugverhalten (w-Werte um 8 bis 11 kg/m²√h). Die Baustellenmischung zeigt dabei knapp das höchste Saugverhalten, hierzu waren allerdings auch keine besonderen Spezifikationen vorausgesetzt. Analog zur etwas geringeren Festigkeitsentwicklung unterliegen die Varianten mit zugegebenem Überkorn auch einer etwas stärkeren kapillaren Wasseraufnahme. Eine gefüge- bzw. porenraumbezogene Beeinflussung über das Grobkorn ist somit nachzuweisen. Lediglich die TKF-Werksmischung erfüllt die gestellten Anforderungen; die individuelle Zugabe von Grobkorn verändert leicht das Saugverhalten. Alle anderen Mörtel sind mit den nachgewiesenen Werten aber als deutlich (!) zu hoch wassersaugend anzusehen! Abbildung 26 belegt diese Aussagen mit den Saugkurven und resultierenden w-Werten.

Betreffend den FL-Mörtel widersprechen sich jedoch die Vor-Ort-Untersuchungen mit einer zumindest in der kapillaren Saugfähigkeit stark reduzierten (optisch hydrophoben) Ausbildung in einer hier bislang nicht zu erklärenden Weise mit den Laboruntersuchungen eines stark saugfähigen Mörtels.

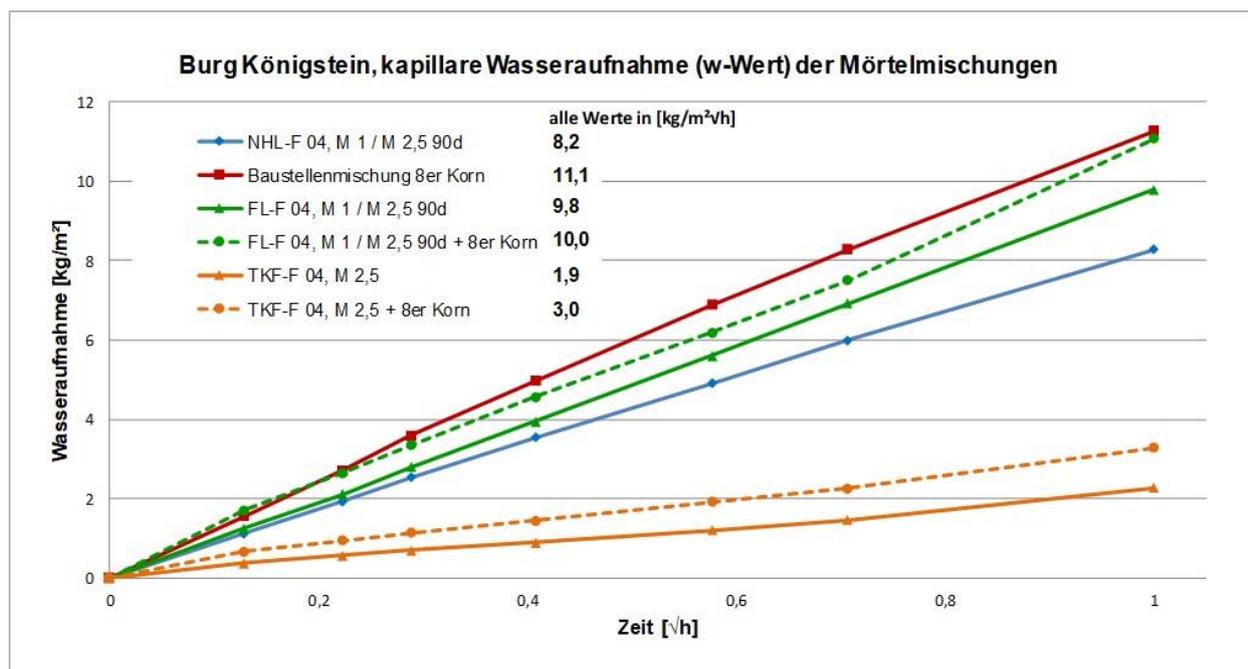


Abb. 26: Die kapillare Wasseraufnahme und resultierender w-Wert aller sechs untersuchten Mörtelmischungen.

Zusammenfassung und Diskussion zur Mauerkronensanierung

Auf der Burg Königstein wurden an exemplarischen Mauerzügen Sanierungen der Mauerkronen durchgeführt. Hierfür wurden drei werkseitig eingestellte sog. Mauerkronenmörtel auf Basis Kalk-Trass-Zement (TKF), FL-Kalk und NHL-Kalk sowie eine Baustellenmischung auf Basis zementvergüteter Kalk ausgewählt, die über die Projektlaufzeit von 2017 bis 2019 durch unterschiedliche Fachfirmen verarbeitet wurden. Interessehalber wurden zudem die FL- und TKF-Mischungen analog zur Baustellenmischung teilweise mit einem 8er Grobkorn abgemischt, um die Auswirkungen gegenüber den Standardausführungen aufzeigen zu können. Die Sanierungsarbeiten umfassten die Wiederaufmauerung der Mauerkrone mit den ersten 1-3 Steinlagen. Das vorhandene Mauersteinmaterial wurde, soweit möglich, wiederverwendet und durch frisches Steinbruchmaterial ergänzt. Es handelt sich zumeist um den regional typischen Serizit-Gneis, ein schiefriges metamorphes Gestein, Quarzit bzw. Quarz kommt ergänzend hinzu.

In der Projektbetreuung konnten nach eingehenden Begutachtungen vor Ort innerhalb der ersten Musterflächen bereits nach kurzer Standzeit gravierende Schäden diagnostiziert werden, die auf mangelhafte bzw. unterlassene Nachbehandlung bei teils extremen sommerlichen Klimakonditionen zu-

rückzuführen waren. Aber auch die daraufhin komplett neu angelegten Sanierungsabschnitte, und vornehmlich die mit NHL-Mörtel, zeigten in der weiteren Betrachtung erneut eine fortschreitende Verwitterung, da sie offensichtlich nur unzureichende Erhärtungsreaktionen ausbildeten und damit verbunden einer (zu) hohen Anfälligkeit gegenüber winterlicher Bewitterung unterlagen. Alle NHL-Muster wurden daraufhin verworfen und gegen erfolgversprechendere Varianten ersetzt. Die FL-Variante kam zwar zunächst besser über den ersten Winter, unterlag dann aber auch, offenbar unter den Einflüssen erster Vorverwitterungen und einer unzureichenden Erhärtung, weiteren Folgeschäden, so dass auch diese Muster kritisch betrachtet werden müssen. Die höherhydraulischen bzw. zementangeregten Mörtel (TKF, Baustellenmischung) standen bzw. stehen bis heute insgesamt besser da und zeigen keine oder tolerierbare Folgeschäden.

Eine wissenschaftliche Vor-Ort-Überprüfung der in der Mauer eingebauten Mörtel lässt erkennen, dass alle Varianten eine zunächst lediglich auf die direkte Oberfläche konzentrierte Carbonatisierung erfahren haben. Erst mit zunehmender Standzeit wandert diese mehr oder weniger in die Tiefe, teilweise ergaben sich über die Standzeit aber auch keine nennenswerten Veränderungen. Der Prozess der Carbonatisierung dauert entsprechend lange an und korrespondiert zudem sehr stark mit der Verarbei-

tung (Verdichtung, Aufrauung, Versinterung, Mehr-
lagigkeit, Hohlstellen usw.) und dem Klima (Tempe-
ratur, Durchfeuchtung, Verbrennung). Demzufolge
verbleiben die Mörtel über längere Standzeiten
– auch über die erste Winterperiode hinaus – in ei-
nem unausgereiften Zustand, der sie für hygro-ther-
mische und frostbedingte Schadensprozesse anfäl-
lig macht. In besonderer Weise trifft das für die ver-
stärkt kalkgebundenen NHL-Mörtel zu, die ein deut-
lich längeres Zeitfenster bzw. eine längere Nachbe-
handlung zur Aushärtung verlangen. Ein direkter
Zusammenhang der Schäden mit der erst relativ
spät (September bis Oktober) umgesetzten Mörtel-
einbringung wird somit angenommen. Demgegen-
über zeichnet sich der zementhydraulisch und puz-
zolanisch reagierende TKF durch eine höhere und
schnellere Witterungsresistenz aus, so dass diese
Mörtel unbeschadet über den ersten kritischen Win-
ter kommen und nachfolgend kaum weitere Scha-
densprozesse ausbilden. Festigkeitsbezogen
scheint die FL-Rezeptur zwar labortechnisch gute
Voraussetzungen mitzubringen, in der Praxis müs-
sen aber deutliche Abstriche in der Witterungsbe-
ständigkeit und somit hinsichtlich der Schadensent-
wicklung gemacht werden. Die zement-vergütete
Baustellenmischung erweist sich am Objekt bislang
als weitgehend schadensfrei, obwohl die ermittelten
Kennwerte und ersten Nachkontrollen vor Ort zu-
nächst auf eine gewisse Anfälligkeit hindeuteten.
Übertragen auf die Objektsituation dürften über die
zur Verfügung gestandene Zeitschiene aber offen-
sichtlich ausreichend festigkeitsbildende Prozesse
stattgefunden haben, um die winterlichen Belastun-
gen zu überdauern.

Die Laboruntersuchung insbesondere zur Festig-
keitsentwicklung sowohl nach 28 Tagen als auch
nach 8 Monaten untermauern diese Aussagen. Le-
diglich der TKF- und der FL-Kalk erreichen die ge-
forderten 28-Tage-Festigkeiten problemlos, wäh-
rend der NHL-Mörtel aber auch die Baustellenmi-
schung mit Werten um knapp 1 MPa deutlich nach-
stehen. Im Langzeitversuch unter Laborbedingun-
gen „holten“ diese Mörtel aber dann doch deutlich
auf und erreichten die geforderte Festigkeitsstufe.
Die Laboruntersuchungen belegen aber auch, dass
bei zusätzlicher Zugabe einer gröberen Körnung
von 8 mm zur Standardmischung die Festigkeit ab-
nimmt und gleichzeitig sich die kapillare Wasserauf-
nahme erhöht. Solche individuell modifizierten
Standardmischungen sind daher nicht ungeprüft

umzusetzen, (zumal sie dann auch keinerlei Garan-
tieleistung mehr unterliegen).

Auffällig ist weiterhin die zunächst ausgeprägte hy-
drophobe Eigenschaft der ansonsten doch sehr
weichen und sandig-mürben FL-Mörtel in der prak-
tischen Umsetzung, sie scheinen keinen weiteren
Erhärtungsprozess mehr durchzumachen. Die hy-
drophobe Ausbildung ist beim TKF in dieser extre-
men Form nicht erkennbar. Die genauen Hinter-
gründe dieser Erscheinung sollten mit dem Mörtel-
hersteller diskutiert werden, zumal der FL-Mörtel in
dieser Form erstmals als Mauerkronenmörtel in
Sonderrezeptur eingesetzt und überprüft wurde. In
einer abschließenden Nachkontrolle zeigten sich
keine hydrophoben Eigenschaften mehr, die bereits
vorgeschiedigten Mörtel lagen aber nach wie vor
sandig-entfestigt und ohne erkennbare Stabilität
vor. Interessanterweise präsentieren sich, abgese-
hen vom TKF, alle anderen Werksmischungen ent-
gegen einer vorgegebenen Reduzierung in der ka-
pillaren Wasseraufnahme als sehr saugfähig! Die-
ser Widerspruch kann in diesem Beitrag nicht ge-
klärt werden. Ob und inwieweit die wasserabweis-
ende Wirkung des TKF diesen gegenüber den an-
deren Mörtelsystemen in der Verwitterungsbestän-
digkeit bevorteilt, kann ebenfalls nicht ausgesagt
werden, dazu müssten weitere systematische Ver-
suche bzw. eine Langzeitbeobachtung durchgeführt
werden.

Neben den mörtelspezifischen Parametern verdeut-
lichen sich immer wieder handwerkliche Schwach-
punkte in Form unzureichender Mörtleinbringung
bzw. zu starker oder zu geringer Verdichtung oder
mit anfälligem Mauergefüge mit zu dünnen Stein-
plättchen oder zu massiven und ausgetieften Mörtel-
füllungen. Selbst einige größere Steine verloren
nach kurzer Bewitterung komplett den Haftverbund
durch vorgegebene Trennlagen. Bei mehrlagigem
Arbeiten im Sinne einer Vormauerung und anschlie-
ßender Nachverfugung sind zahlreiche Schwach-
punkte zu bemängeln, die in erster Linie auf unzu-
reichende Aufrauung der ersten Mörtellage zurück-
zuführen sind (Thema Sinterschicht). Dadurch
ergibt sich ein lagiges Ablösen der Mörtellagen un-
tereinander und ein feuchtetechnisches Aufstauen
in der oberen Lage mit korrespondierenden Frost-
schäden. Aber auch durch mehrlagiges Auffüllen
größerer Fugentiefen während einer Arbeitsphase
sind immer wieder die genannten Probleme ent-
standen. In der Summe sind in allen Musterflächen

und durch alle teilgenommenen Fachbetriebe handwerkliche Mängel der einen oder anderen Art nachgewiesen worden.

Das schiefriige, dichte und glatte Steinmaterial sorgt selbst auch für einige kritische Situationen während und nach der Vermauerung: Ein intensiver Verbund von Mörtel zu Stein kann kaum geschaffen werden. Nach Durchfeuchtung fungiert die Steinlage als wasserstauendes Element und führt die Feuchtigkeit zusammen mit gelöstem Kalk an die Flanken ab, wo es dann zu den weißen Aussinterungen kommt. Die wasserdurchlaufenen oberen Mauerkronenbereiche stellen Auslaugungskörper dar. Die schiefriigen Gneise lassen sich kaum in passende Geometrien zurechthauen, so dass entsprechende Puzzleteile aufwendig herausgesucht werden müssen, um das geforderte engfugige und abdachende Gefüge ausbilden zu können.

Das Thema Nachbehandlung mit Beschatten und Nässen ist nach wie vor ein heikles Thema, das bereits in der Planung aber auch in der Ausführung mit Anfälligkeiten verbunden ist. Ohne die Einhaltung vorgeschriebener oder individueller Nachbehandlungen, und hier kommt das Thema heißer Sommerperioden klar zum Tragen, können keine ausreichenden Mörtelreaktionen stattfinden. Die zeitintensivere Ausreagierung vor allem bei NHL-Kalken lässt zumindest eine Diskussion zu einer weitergehenden Nachbehandlung bzw. zu einer Schutzvorrichtung auch im anschließenden Winter zu. Abbildung 27 zeigt eine aufwendige, dafür gut funktionierende Installation zur Nachbefeuchtung und Verschattung der Mauerkrone in den Sommermonaten.



Abb. 27: Zeltartig aufgebrachte Jutebahnen zwecks Verschattung und Feuchthaltung der frisch sanierten Mauerkrone.

Ausblick

Die für eine Wiederbesiedlung mit Moosen und Gräsern usw. notwendige dauerhafte Stabilität der Mauerkrone ist mit Kenntnisgewinn aus dem Projekt zumindest nicht einfach herzustellen. Zu einer Mauerkronensanierung stehen mit dem zementhaltigen sog. Trass-Kalk sowie der baustellengemischten Rezeptur jedoch zwei durchaus geeignete Alternativen zur Verfügung. Beide Mörtelvarianten haben die Nachkontrollen ohne größere Mängel erfolgreich bestanden (Abb. 28). Mit der Standard-Mauerkronenmischung kann eine werkseitig abgesicherte und marktgängige Sanierung durchgeführt werden, die geforderten Mörtelparameter sind in der Praxis aufgrund der vorrangig zementgesteuerten, in überschaubaren Zeiten stattfindenden Erhärtung gut umzusetzen. Im Falle einer gewünschten individuelleren Mörtelanpassung über ausgewählte Sande entsprechend Farbigkeit und Struktur kann auf eine Baustellenmischung zurückgegriffen werden, mit entsprechend firmeneigenem know-how könnten zudem weitere z. B. die kapillare Wasseraufnahme reduzierende oder eine bessere Flankenhaftung erzielende Modifikationen rezeptiert werden. Eine „eigenmächtige“ Veränderung von standardisierten Mörtelrezepturen sollte jedoch ohne zwingende Notwendigkeit und ohne wissenschaftliche Begleitung unterlassen werden, da die technischen Eigenschaften sich schnell ungünstig entwickeln können.

In allen Fällen sind jedoch die handwerklichen Fähigkeiten und das Verständnis zu den mörtel- und steinspezifischen oder gefügetechnischen Beson-



Abb. 28: Abschließende Nachkontrolle im Juli 2020. Mauerkronenabschnitte mit TKF stehen auch nach zwei Jahren ohne nennenswerte Mängel da. (Der hochstehende Stein wurde bewusst als Markierung so verbaut.)

derheiten als absolute Grundvoraussetzung anzusehen. Die Verarbeitung des Mörtels und besonders der schiefrigen „Problemgesteine“ duldet keinerlei verarbeitungstechnische Mängel, da diese sich schnell zu Schwachpunkten für angreifende Verwitterung entwickeln. Eine Beauftragung ausgewiesener Fachbetriebe ist zwingend voraussetzend, Referenzobjekte sollten nachgewiesen werden. Die Einhaltung der üblichen Bauzeiten mit Frostfreiheit bzw. Temperaturen oberhalb 5 °C, die richtigen Vor- und Nachbehandlungen und auch die materialtechnischen Vorgaben müssen selbstredend umgesetzt (und ggf. kontrolliert) werden, eine akribische Durchplanung der Maßnahme ist notwendig. So verlangen die sich verändernden Klimaverhältnisse mit heißeren Sommern auch entsprechende Anpassungen bspw. mittels intensiverer Beschattung und häufigerer Befeuchtung, anderenfalls dürften die Mörtel kaum ihre geforderten Eigenschaftsprofile ausbilden können. Bei den kalkreichen, zementfreien Mörteln (NHL, FL) spielt jedoch die zeitliche Betrachtung eine entscheidende Rolle zur Ausbildung ihrer Eigenschaftsprofile; leider stehen in der Praxis die Zwänge im Bauablauf einer ausreichenden Ausreaktion bis zum ersten kritischen Winter oft entgegen, was die Mörtel im Vergleich zu anderen, zementären Systemen „komplizierter“ macht. Unter Einbeziehung des kritischen Gesteinsmaterials und einer erst spät umgesetzten Baumaßnahme wie an der Burg vor- bzw. stattgefunden, erscheint der NHL nicht die beste Wahl zu sein. Im Falle anderer Gesteinsqualitäten und unter Beachtung o. g. Kriterien wird dem NHL jedoch explizit keine grundlegende Nichteignung ausgesprochen, Referenzobjekte in mehrjähriger Überdauerung sind aus der Praxisarbeit des IFS durchaus belegt.

Angesichts der kritischen Betrachtung zu einer händischen Mörtelverarbeitung muss zumindest die Alternative nach einer maschinellen Verarbeitung erwähnt werden. Durch eine höhere Verdichtung und gleichmäßigere Einbringung sollten Hohlstellen und ein mehrlagiger Mörtelaufbau mit Trennlagen ausgeschlossen und eine bessere Anbindung an das Gesteinsmaterial erzielt werden können. Eine spritztechnische Fugenschließung müsste nach erfolgter Aufmauerung mit entsprechend tiefreichenden Fugennetzen erfolgen. Über eine Machbarkeit wäre fachplanerisch sowie auch grundsätzlich zu entscheiden.

Eine anhaltende fachliche Begleitung der sanierten Mauerzüge ist und bleibt ein unabdingbares Werkzeug. Der Zustand muss in Intervallen überprüft werden, Reparaturen sind bedarfsweise einzuplanen (Thema Monitoring), auch wenn mit den favorisierten Mörtelrezepturen durchaus längere Standzeiten zu erwarten sind.

Mit der Mauerbegrünung durch Moose usw. sind sicherlich gewisse abpuffernde Eigenschaften verbunden, die die oft extremen thermischen und hygri-schen Belastungen verteilen oder abmildern. Eine „Wiederbemoosung“ ist also auch eng mit einer längeren Dauerhaftigkeit insbesondere von Mauerzügen verbunden.

Letztendlich konnten mit dem Projekt durchaus Mittel und Methoden zu einer aussichtsreichen Mauer-kronensanierung vorgestellt werden, ebenso wie vermeidbare Fehler und Schwachpunkte zu einem Misslingen der Maßnahme klar aufgezeigt werden konnten.

Literatur

- Auras, M. & Seidel, M. (2007): Mauerkrone und Mauerfuß - Problemzonen bei der Mauerwerksinstandsetzung. - In: Institut für Steinkonservierung (Hrsg.): Denkmalgerechte Mauerwerkserhaltung. - IFS Bericht 28-2007, S. 15-24.
- DIN EN 459-1 (2010): Baukalk - Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformitätskriterien.
- DIN EN 998-2 (2010): Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 2: Mauer Mörtel.
- Egloffstein, P. (2015): Durchlässig oder dicht? Varianten der Mauerkronen- und Fundamentsicherung. - In: Institut für Steinkonservierung (Hrsg.): Erdberührtes Mauerwerk - Erhaltung von Bodendenkmälern und Ruinen. - IFS Bericht 50-2015, S. 7-12.
- Goedeke, H. & Goretzki, L. (2007): Zum Verfestigungsverhalten von NHL-Mörteln und zum Gefügebau der Bindemittelmatrix - Forschungsbericht. - In: Institut für Steinkonservierung (Hrsg.): Neue Erkenntnisse zu den Eigenschaften von NHL-gebundenen Mörteln. - IFS Bericht 26-2007, S. 1-80.

Gödicke-Dettmering, T. & Strübel, G. (1996): Mineralogische und technologische Eigenschaften von hydraulischen Kalken als Bindemittel für Restaurierungsmörtel in der Denkmalpflege. - Giessener Geol. Schr. 56, S. 131-154.

Stanzl, G. (2010) Denkmalpflege auf Burgen und Burgruinen. - Praxis Ratgeber zur Denkmalpflege Nr. 12.

Evelyn Hanebutte

Mauerkroneninstandsetzung mit gezielter Begrünung auf Burg Königstein

Das Projekt dient der Denkmalsicherung von Mauerkronen auf der Burg Königstein. Für niedere Pflanzen und Tiere ist eine Mauerkrone ein attraktiver Lebensraum. Moose, die sich auf einer Mauerkrone ansiedeln, haben nicht nur eine schützende Wirkung, sondern dienen auch als Keimsubstrat. Der Bewuchs bewirkt einen Temperatureausgleich, Beschattung im Sommer und Bedeckung im Winter.

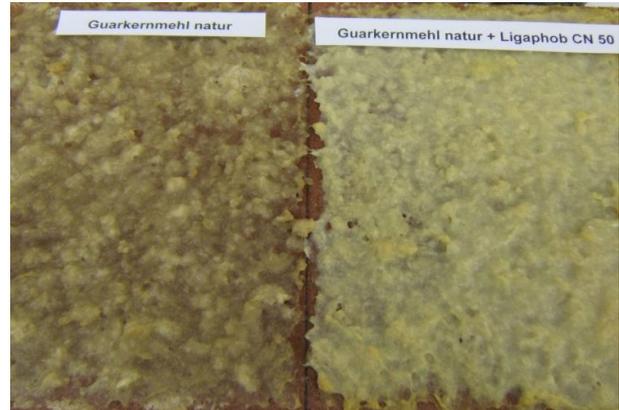
Im Zuge verschiedener Versuchsreihen sollte ein passendes Substrat oder ein „Kleber“ für den Bewuchs auf den Mauerkronen von Burg Königstein ermittelt werden, der niedere Pflanzen halten kann.

Vorversuch

Die ersten Musterflächen für dieses Projekt wurden im Herbst 2017, in Zusammenarbeit mit dem Burgenbüro Dr. Strickhausen im IFS-Labor angelegt (siehe Abb. 1). Mit dieser Testreihe sollte untersucht werden, ob der „Haftkleber“ E 400 Verdyol Super oder das „Bindungsmittel“ Guarkernmehl grundsätzlich auf einer Steinplatte (Basis) haften und somit zur Fixierung der Ansaat geeignet sind. Zusätzlich wurden den Mischungen für die Musterflächen 2 und 4 versuchsweise das Hydrophobierungsmittel Ligaphob CN 50 zugesetzt.

Bei den Musterflächen 1 und 2 setzte nach ca. 24 h die Trocknung ein. Es bildete sich eine gelartige Gummischicht, die optisch, nach 48 h fest und trocken wirkte. An den Randflächen kam es zu Materialschrumpfungen. Die Musterflächen 3 und 4 hatten nach 24 h eine erkennbare feste Beschichtung. Die Musterplatten wurden nach 3 Tagen Lagerung im Labor auf eine Freifläche, mit einer leichten Neigung von ca. 20°, ausgelagert. Nach mehrmaliger natürlicher Beregnung und leichtem Schneefall wurde der Versuch im Januar 2018 beendet.

Nach dieser Freibewitterungszeit konnte an den Musterflächen 3 und 4 festgestellt werden, dass sich der Haftkleber E 400 Verdyol Super bei der Beanspruchung durch Niederschlagswasser nicht bewährt hatte (Abspülung, vgl. Abb. 2), weshalb er für die weiteren Untersuchungen ausschied.



Musterflächen 1 und 2 (M1, M2)



Musterflächen 3 und 4 (M3, M4)

Abb. 1: Testreihe für geeignete Fixierung der Ansaat: Basis: Sandsteinplatte (Roter Mainsandstein), feucht

- M1: Guarkernmehl + Wasser,
- M2: Guarkernmehl + Ligaphob CN 50 + Wasser,
- M3: E 400 Verdyol Super + Wasser,
- M4: E 400 Verdyol Super + Ligaphob CN 50 + Wasser.



Abb. 2: M3 und M4 nach Freibewitterungszeit.

Erprobung verschiedener Substrate zur Ansiedlung von Kresse und Moos

Das Ziel der zweiten Versuchsphase war, ein optimales Substrat zu finden, welches den Ansprüchen von Moos und niederen Pflanzen gerecht werden kann. Der Substrataufbau wurde mit unterschiedlichen Komponenten und in verschiedenen Mengenverhältnissen erprobt (siehe Tab. 1). Er sollte sich mit der Basis verbinden und das Anmachwasser über eine gewisse Zeit speichern

können. Alle Komponenten wurden auf einer Serizitgneis-Platte als Basis aufgetragen.

Als Keimsporen wurden für die Musterflächen 1-10 Gartenkresse verwendet (Kresse ist eine anspruchslose Pflanze, die bereits nach 2 Wochen geerntet werden kann), bei Versuch 11 wurde mit Moos gearbeitet. Die Versuchsflächen wurden regelmäßig bewässert.

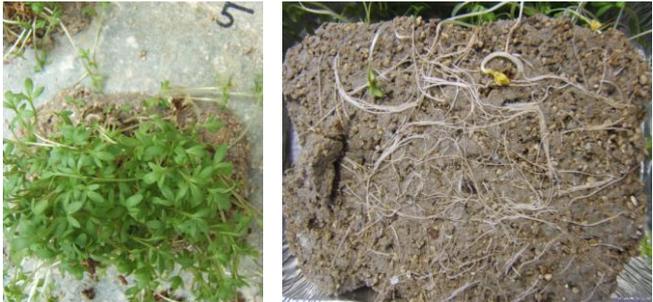
Versuch 1	Substrat: TNS-Schlämme: 17,6 g Zellulose: 17,6 g Wasser nach Bedarf Auftragshöhe: 2 cm pH-Wert: > 10	Beobachtungen: – Substrat für Kresse knetfeucht, – ungleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk oberflächlich, kein Verbund mit dem Substrat, – Substrat von der Basis (Steinplatte) gelöst.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	
Versuch 2	Substrat: TNS-Schlämme 3-fach aufgetragen pH-Wert: > 10	Beobachtungen: – ungleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf der Schlämme, – Wurzelwerk oberflächlich, – Schlämme verbunden mit der Basis (Steinplatte).
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	

Eingesetzter Baustoff (Versuch 1 und 2):

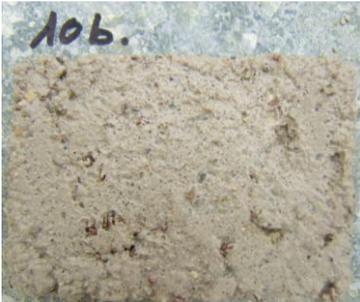
TNS = Trass - Natursteinschlämme

Versuch 3	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Zellulose: 17,6 g Guarkernmehl: 3,4 g Wasser: 100 ml Auftragshöhe: 2 cm	Beobachtungen: – Substrat für Kresse knetfeucht, – ungleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk oberflächlich, kein Verbund mit dem Substrat, – Substrat von der Basis (Steinplatte) gelöst.
	Versuchsbeginn 	Versuchsende 

Versuch 4	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Zellulose: 17,6 g Guarkernmehl: 6,8 g Wasser: 100 ml Auftragshöhe: 2 cm	Beobachtungen: – Substrat für Kresse knetfeucht, – ungleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk oberflächlich, kein Verbund mit dem Substrat, – Substrat mit der Basis (Steinplatte) verbunden.
	Versuchsbeginn 	Versuchsende 

Versuch 5	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Zellulose: 17,6 g Soil fix: 0,1 g Wasser: 100 ml pH-Wert: 8 Auftragshöhe: 2 cm	Beobachtungen: – Substrat für Kresse knetfeucht, – gleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk verbindet sich mit dem Substrat, – Substrat von der Basis (Steinplatte) gelöst.
	Versuchsbeginn 	Versuchsende 

Versuch 6	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Zellulose: 17,6 g Soil fix: 0,2 g Wasser: 100 ml Auftragshöhe: 2 cm	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> – Substrat für Kresse knetfeucht, – gleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk verbindet sich mit dem Substrat, – Substrat von der Basis (Steinplatte) gelöst.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	
Versuch 7	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Zellulose: 17,6 g Soil fix: 1,0 g Wasser: 100 ml pH-Wert: 7,5 Auftragshöhe: 2 cm	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> – Substrat für Kresse knetfeucht, – gleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk verbindet sich mit dem Substrat, – Substrat von der Basis (Steinplatte) gelöst.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	
Versuch 8	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Soil fix: 0,5 g Wasser: 25 ml Kresse pH-Wert: 7,5 Auftragshöhe: 1,5 cm	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> – Substrat für Kresse knetfeucht, – gleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, – Wurzelwerk verbindet sich mit dem Substrat, – Substrat mit der Basis (Steinplatte) verbunden.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	

Versuch 9	Substrat: Bims: 17,6 g Bentonit: 17,6 g Guarkernmehl: 1,7 g Wasser: 25 ml Kresse Auftragshöhe: 2 cm	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Substrat für Kresse weich und locker, - ungleichmäßiger Bewuchs der Kresse auf dem Substrat, - Wurzelwerk verbindet sich mit dem Substrat, - Substrat von der Basis (Steinplatte) gelöst.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	
Versuch 10	Substrat: NHL-M 2 Hessler / Normsand (1:3) Kresse eingeklopft pH-Wert: > 10 Auftragshöhe: 1,5 cm	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Kresse im Mörtelbett nicht aufgegangen, - Mörtelfläche gelöst von der Basis.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	
Versuch 11	TNS-Schlämme 3-fach aufgetragen + Moos	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Mörtelbett fest mit der Basis verbunden, - Moos trocken, bräunlich.
Versuchsbeginn 	Versuchsende 	

Eingesetzte Baustoffe (Versuch 10 und 11):

Trass - Natursteinschlämme (TNS)
 Historischer Werksteinmörtel (NHL-M 2)

Die Versuche 5 / 6 / 7 und 8 haben gezeigt, dass Rezepturen für das Substrat bestehend aus: feinkörnigem Bims, Bentonit, Zellulose und dem Untergrundfestiger Soil fix in Verbindung mit der Aussaat von Kresse am erfolgversprechendsten sind. Es kam zu einem gleichmäßigen Kresse-Bewuchs, wobei sich das Wurzelwerk mit dem Substrat verbunden hat aber nicht mit der Basis (Steinplatte). Ferner hat sich der Einsatz von Guarkernmehl als Haftkleber bewährt, wie die Versuche 3 / 4 und 9 belegen. Die Versuche 1 und 2 mit einer Trass-Natursteinschlämme im Substrat konnten sich, trotz des hohen pH-Wertes > 10, ebenfalls durchsetzen, In Versuch 10 wurde der Samen in das Gemenge eingeklopft, aber es erfolgte keine Keimung.

Im Vergleich zu den Versuchen 1 und 2 (mit Kresse) wirkte das in Versuch 11 eingesetzte Moos auf der TNS-Schlämme sehr trocken, fast abgestor-

ben. Die Mörtelfläche hat sich in diesem Versuch gut mit der Basis (Steinplatte) verbunden.

Versuche mit *Moss Milkshake* und *Powered Moss*

Moss Milkshake und *Powered Moss + Food and Gel* sind Produkte aus den USA (siehe Tab. 2). Die Inhaltsstoffe dieser Artikel sind u. a. trockene bzw. lebende Moosfragmente, Buttermilch und ein wasserrückhaltendes Gelpulver. Sie werden als Aufschlammung auf die Oberfläche aufgetragen und feucht gehalten. Trotz gut haftender Eigenschaften wurden beide Versuche kurze Zeit später durch einen Starkregen von der Basisplatte gespült. Ein Quellverhalten konnte im bestehenden Zeitraum nicht erkannt werden.

Tab. 2: Vorversuche mit *Moss Milkshake* und *Powered Moss + Food and Gel*

<p>Versuch 1</p>	<p>Moss Milkshake: 2,35 g Wasser: 19 ml pH-Wert: 4,5 - 5,0 Klebegefühl: leicht bis mäßig Auftragsfläche: 20 cm x 10 cm Moss Milkshake wurde direkt auf die Basis (Serizitgneis) aufgetragen</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quellverhalten des Water Retention Gel Powder konnte optisch nicht erkannt werden.
<p>Versuchsbeginn: 12.09.2018</p> 		<p>Versuchsende: 23.09.2018</p> <p>Starkregen hat den Versuch von der Basisplatte gespült.</p>
<p>Versuch 2</p>	<p>Powered Moss + Food and Gel: 1,19 g Wasser: 7,9 ml pH-Wert: 5 Klebegefühl: mäßig Auftragsfläche: 20 cm x 10 cm Komponenten wurden direkt auf die Basis (Serizitgneis) aufgetragen</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quellverhalten des Powered Moss + Food and Gel Powder konnte optisch nicht erkannt werden.
<p>Versuchsbeginn: 12.09.2018</p> 		<p>Versuchsende: 23.09.2018</p> <p>Starkregen hat den Versuch von der Basisplatte gespült.</p>

Vorversuche mit Moos und Gartenkresse auf verschiedenen Substratrezepturen

Nach Rücksprache mit dem Burgenbüro Dr. Strickhausen und dem Dipl. Biologen D. Teuber wurden für einem weiteren Versuchszyklus verschiedene Moose aufgenommen:

- Saatmischung mit Zypressen-Schlafmoos,
- Moos von ISATIS montana,
- Mauer-Moos von Herrn Teuber im feuchten und trockenen Zustand,
- Moos von der Burg Königstein und Moos-sprossen, die sich bei der Labor-Vorort-Auslagerung angesiedelt hatten.

Wie bereits in den Vorversuchen wurde auch in dieser Testreihe mit unterschiedlichen Mischungen, bestehend aus: feinkörnigem Bims, Bentonit,

zerkleinerter Zellulose oder Lehm-Mauermörtel und Wasser sowie zwei verschiedenen Kleberarten, Guarkernmehl und Methylenkleber gearbeitet. Zum Einsatz kam Stockosorb Micro als Wasserspeichergranulat – dieses sollte über einen längeren Zeitraum Feuchtigkeit an die Wurzeln abgeben – sowie ein Wurzelschutzgel (GEFA-Wurzelschutzgel 660 Powder, siehe Tab. 3). Das Buttermilchpulver diente dem Ansäuern des Substrates. Als Versuchsaufbau wurde eine Beton-Terrassenplatte (Baumarkt) in der Größe (30cm x 30cm x 4cm) als Basis verwendet. Darauf kam eine Trass-Kalk-Fugenmörtel (TKF) - Lage als abgeschrägte Fläche und abschließend das Substrat in einer Stärke von 3 - 4 mm. Alle Versuchsflächen kamen in die Außenbewitterung.

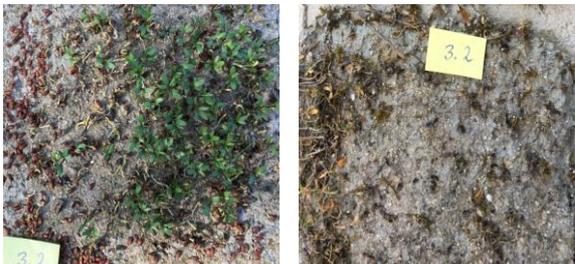
Tab. 3: Vorversuche mit Moos und Gartenkresse (3.2 / 3.3) auf unterschiedlichen Substratrezepturen

<p>Versuch 1.1 (TKF)</p>	<p>Substrat: Buttermilch (trocken): 0,74 g Stockosorb Micro: 0,265 g Wasser: 38 ml ph-Wert: 6 kein Klebegefühl, Mauermoos Teuber 4,3 g zerkleinert und angedrückt</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substrat und Moos durch Witterungsbedingungen von der Basis gelöst, - Versuch beendet. 	
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p>		<p>Versuchsende: 07.01.2019</p>	
			
<p>Versuch 1.2 (TKF)</p>	<p>Substrat: Buttermilch (trocken): 0,74 g Stockosorb Micro: 0,265 g Wasser: 38 ml ph-Wert: 6 - 6,5 kein Klebegefühl Saatmischung 4,3 g angedrückt</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substrat und Moos durch Witterungsbedingungen von der Basis gelöst, - Versuch beendet. 	
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p>		<p>Versuchsende: 07.01. 2019</p>	
			

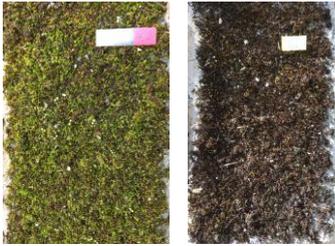
Versuch 2.0 (TKF)	Substrat: Zellulose (zerkleinert): 17,6 g Guarkernmehl: 3,4 g Wasser: 100 ml pH-Wert: 7,5 Gemenge sehr geschmeidig, Saatmischung angedrückt (keine Mengenangabe)	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Substrat an den Flanken locker und geschumpft, - mittig optisch fest, - keine großflächige Keimung erkennbar, - Versuch beendet.
Versuchsbeginn: 26.09.2018 		Versuchsende: 05.05. 2019 

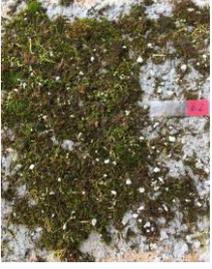
Versuch 2.1 (TKF)	Substrat: Zellulose (zerkleinert): 17,6 g Guarkernmehl: 3,4 g Powder*: 0,13 g Wasser: 100 ml pH-Wert: 7 - 7,5 Gemenge sehr geschmeidig, Saatmischung angedrückt (keine Mengenangabe)	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Substrat an den Flanken locker und geschumpft, - mittig optisch fest, - keine großflächige Keimung erkennbar, - Versuch beendet. (*GEFA Wurzelschutzgel 660 Powder)
Versuchsbeginn: 26.09.2018 		Versuchsende: 05.05. 2019 

Versuch 2.2 (TKF)	Substrat: Zellulose (zerkleinert): 17,6 g Guarkernmehl: 3,4 g Stockosorb Micro: 0,265 g Wasser: 100 ml pH-Wert: 8 Gemenge sehr geschmeidig Saatmischung angedrückt, (keine Mengenangabe)	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - durch Witterungseinflüsse komplette Ablösung von Substrat und Moos, - Versuch beendet.
Versuchsbeginn: 26.09.2018 		Versuchsende: 25.10.2019 

<p>Versuch 2.3 (TKF)</p>	<p>Substrat: Zellulose (zerkleinert): 17,6 g Methylenkleber: 3,4 g Stockosorb Micro: 0,265 g Wasser: 100 ml pH-Wert: 7,5 geringes Klebegefühl, Gemenge geschmeidig, Saatmischung angedrückt (keine Mengenangabe)</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substrat an den Flanken aufgeschüsselt und geschrumpft, - mittig optisch fest, - Keimung nach Feuchtphasen erkennbar, - Moos bei Trockenheit braun.
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p> 		<p>Versuch läuft weiter, Bild vom 22.06.2020</p> 
<p>Versuch 3.1 (TKF)</p>	<p>Substrat: Zellulose: 17,6 g Lehm: 17,6 g Bims: 17,8 g Guarkernmehl: 3,4 g Wasser: 110 ml pH-Wert: 7,5 Mauermoos Teuber angedrückt (keine Mengenangabe)</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substrat locker, keine Verbindung mit der TKF-Schicht, - Trocknungsrisse im Substrat erkennbar, - keine großflächige Keimung vorhanden, - Versuch beendet.
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p> 		<p>Versuchsende: 25.10.2019</p> 
<p>Versuch 3.2 (TKF)</p>	<p>Substrat: Zellulose: 17,6 g Lehm: 17,6 g Bims: 17,8 g Guarkernmehl: 3,4 g Wasser: 110 ml pH-Wert: 7,5 Gartenkresse ohne Heuschutzfliesabdeckung</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ohne Abdeckung verzögertes Wachstum der Gartenkresse, - Substrat von der TKF-Fläche getrennt, - Versuch beendet.
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p> 		<p>Versuchsende: 06.05.2019</p> 

<p>Versuch 3.3 (TKF)</p>	<p>Substrat: Zellulose: 17,6 g Lehm: 17,6 g Bims: 17,8 g Guarkernmehl: 3,4 g Wasser: 110 ml pH-Wert: 7,5 Gartenkresse mit Heuschutzfließabdeckung</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fließabdeckung locker über die Gartenkresse gespannt, an den Eckpunkten befestigt, - Kresse hat das Substrat unterwurzelt, - keine Verbindung zwischen Substrat und TKF-Fläche, - Versuch beendet. 	
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p>		<p>Versuchsende: 20.10.2018</p>	
		 	
<p>Versuch 3.4 (TKF)</p>	<p>kein Substrat Moss Milkshake direkt auf die TKF-Fläche aufgetragen, Moss Milkshake 4,7 g Wasser: 20 ml</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kein Quellverhalten des Moss Milkshakes erkennbar, - durch Witterungseinflüsse komplette Ablösung der Komponente, - Versuch beendet. 	
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p>		<p>Versuchsende: 27.02.2019</p>	
			
<p>Versuch 4.1 (TKF)</p>	<p>Substrat: Zellulose (zerkleinert): 35,2 g Guarkernmehl: 6,4 g Stockosorb Micro: 0,59 g Wasser: 200 ml pH-Wert: 7,5 – 8 Substrat mit dem Quast aufgetragen, Gemenge sehr geschmeidig, 60 g frisches Mauermoos Teuber angedrückt</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substrat an den Rändern geschrumpft, - nach Durchrocknung ist das Substrat als Platte komplett von der TKF-Fläche abnehmbar, - Moos fest mit dem Substrat verbunden, - Keimung nach Feuchtphasen erkennbar, - Moos bei Trockenheit braun. 	
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p>		<p>Versuch läuft weiter, Bild vom 22.06.2020</p>	
			

<p>Versuch 4.2 (TKF)</p>	<p>Substrat: Zellulose (zerkleinert): 35,2 g Methylkleber: 6,4 g Stockosorb Micro: 0,59 g Wasser: 200 ml pH-Wert: 7,5 - 8 Substrat mit dem Quast aufgetragen, Gemenge sehr geschmeidig, 60 g frisches Mauermoos Teuber angedrückt</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Substrat an den Rändern geschrumpft, - Substrat hat teilweise eine Verbindung mit der TKF-Fläche, - Moos fest mit dem Substrat verbunden, - Keimung nach Feuchtphasen erkennbar, - Moos bei Trockenheit braun.
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p> 		<p>Versuch läuft weiter, Bild links vom 22.06.2020</p> 
<p>Versuch 5.1 (TKF)</p>	<p>Substrat: Buttermilchpulver: 3,0 g Guarkernmehl: 6,3 g Stockosorb Micro: 1,1 g Wasser: 150 ml pH-Wert: 7,0 - 7,5 Substrat mit dem Quast aufgetragen, Gemenge geschmeidig, ISATIS montana (35 g - 40 g) angedrückt, zusätzlich befeuchtet</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fester Verbund zwischen den Komponenten Moos, Substrat und TKF-Fläche, - teilweise Aufschüsselung an den Flanken, - Keimung nach Feuchtphasen erkennbar, - Moos bei Trockenheit braun.
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p> 		<p>Versuch läuft weiter, Bild vom 22.06.2020</p> 
<p>Versuch 5.2 (TKF)</p>	<p>Substrat: Buttermilchpulver: 3,0 g Guarkernmehl: 6,3 g Stockosorb Micro: 1,1 g Wasser: 150 ml pH-Wert: 7,0 - 7,5 Substrat mit dem Quast aufgetragen, Gemenge geschmeidig, Gartenmoos (40 g) von der örtlichen Auslagerungsumgebung angedrückt, zusätzlich befeuchtet</p>	<p>Beobachtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fester Verbund zwischen den Komponenten Moos, Substrat und TKF-Fläche, - teilweise Aufschüsselung an den Flanke, - Keimung nach Feuchtphasen erkennbar, - Moos bei Trockenheit braun.
<p>Versuchsbeginn: 26.09.2018</p> 		<p>Versuch läuft weiter, Bilder vom 22.06.2020</p> 

Versuch 6.1 (TKF)	Substrat: Zellulose: 35,2 g Guarkernmehl: 6,3 g Stockosorb Micro: 0,59 g Wasser: 220 ml pH-Wert: 7,5 - 8,0 Substrat mit dem Spatel aufgetragen, Moosmilkshake (40 g) angedrückt und besprüht	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Substrat locker, geringe Verbindung mit der TKF-Schicht, - Trocknungsrisse im Substrat erkennbar, - kein Quellverhalten des Moos Milkshakes vorhanden, keine Keimung erkennbar, - Versuch beendet. 	
Versuchsbeginn: 11.02.2019 		Versuchsende: 25.10.2019 	
Versuch 6.2 (TKF)	Substrat: Zellulose: 35,2 g Guarkernmehl: 6,3 g Stockosorb Micro: 2,12 g Wasser: 220 ml pH-Wert: 7,5 - 8,0 Substrat mit dem Spatel aufgetragen, Gartenmoos von der örtlichen Auslagerungsumgebung aufgetragen (40 g, gehäckselt)	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - teilweiser Verbund zwischen Moos, Substrat und TKF-Fläche, - Aufschüsselung an den Flanken, - Keimung nach Feuchtphasen erkennbar, - Moos bei Trockenheit braun. 	
Versuchsbeginn: 11.02.2019 		Versuch läuft weiter, Bild vom 22.06. 2020 	
Versuch 7 (TKF)	Substrat: Buttermilchpulver: 6,0 g Guarkernmehl: 12,6 g Stockosorb Micro: 2,12 g Wasser: 680 ml Moos Milkshake: 40 g Moos Milkshake mit Substrat vermengt, mit dem Spatel aufgetragen und befeuchtet	Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> - Gemenge eingetrocknet, kein Quellverhalten erkennbar, - großflächig gerissen, - keine Keimung erkennbar, - Versuch beendet. 	
Versuchsbeginn: 11.02.2019 		Versuchsende: 25.10.2019 	

Versuch 8	Zellulose:	100,0 g	Durchführung / Beobachtung: <ul style="list-style-type: none"> - Substrat ca. 3 - 4 mm Schichtdicke (ohne TKF-Fläche) auf die Basis (Seizitgneis) aufgetragen, Wassertropfentest vor der Beregnung, sofort saugfähig (ca. 5 - 10 s), - Beregnung mit Dusche: ca. 2,5 l / min, - nach 30 min beendet, - Substrat weich, keine Ablöseerscheinungen.
	Guarkernmehl:	6,0 g	
Wasser:	600 ml		
Versuch 9	Zellulose:	66,0 g	
	Guarkernmehl:	4,0 g	
	Stockosorb Micro:	0,4 g	
	Wasser:	400 ml	

Versuchsbeginn:		Versuchsende:	
------------------------	---	----------------------	--

Versuch 10	Substrat: Zellulose: 66,0 g Guarkernmehl: 4,0 g Stockosorb Powder: 0,4 g Wasser: 400 ml	Vorbereitung: <ul style="list-style-type: none"> - frisches Gartenmoos im Vergleich mit Moos von der Mauerkrone / Königstein, - ohne TKF-Mörtelschicht, - Substrat direkt auf die Basis (Seizitgneis), - mit dem Spatel aufgetragen, - Moos angedrückt.
-------------------	---	--

Beginn: 19.02.2019	Bild vom 28.05.2019	Beobachtung <ul style="list-style-type: none"> - Moos leicht haftend, wird durch Witterungseinflüsse nicht abgetragen, - in beiden Versuchen Keimsprossen erkennbar, - Versuch läuft weiter.
		

Versuch 11	Substrat: frisches Moos: 25,0 g Zellulose: 66,0 g Guarkernmehl: 4,0 g Stockosorb Micro: 0,4 g Wasser: 400 ml	Vorbereitung: <ul style="list-style-type: none"> - ohne TKF-Mörtelschicht, - Substrat mit frischem, zerkleinertem Moos von der Burg Königstein vermengt und direkt auf die Basis (Seizitgneisfläche) mit dem Spatel aufgetragen.
-------------------	---	--

Versuchsbeginn: 04.06.2019		Versuch läuft weiter, Bild vom 25.10.2019	
-----------------------------------	---	--	--

Zusammenfassung der 3. Versuchsreihe

- Die Versuchsreihen 1 - 3 (außer Versuch 2.3) wurden beendet. Die Gründe hierfür sind einerseits Ablösungen des Moooses vom Substrat durch Witterungseinflüsse (Versuch: 1.1 / 1.2 / 2.2 / 3.4) oder es kam zu Schrumpfungen und Aufschüsselungen bzw. Rissbildungen der Substratflächen und eine großflächige Keimung der angelegten Pflanzen konnte nicht erkannt werden (Versuch: 2.0 / 2.1 / 3.1 / 3.2 / 3.3).
- Die Entwicklung von Versuch 2.3 wird weiter verfolgt, obwohl auch hier Schrumpfungen an den Flanken vorhanden sind, denn bei Feuchtphasen ist ein Austreiben von Moosprossen erkennbar.
- Sichtbar gut verlaufen die Versuche 4.1/ 4.2 / 5.1 / 5.2 sowie 6.2. Zwar ist auch bei diesen Versuchen das Substrat an den Flanken geschrumpft aber die Komponenten sind teilweise gut miteinander verbunden und kleine Moos-Keimprossen sind vorhanden. Daher werden diese Versuche fortgeführt und weiter beobachtet.
- Die Versuche 6.1 und 7 (mit Moss Milkshake) wurden beendet. Wie auch bei den im Vorfeld durchgeführten Tests, war hier ein Quellverhalten nicht zu erkennen. Es kam zu Trocknungsrisse im Substrat und es konnte keine ausgeprägte Keimung beobachtet werden.
- Die Versuche 8 und 9 sollten bei einer veränderten Moos-Klebe-Mischung einen Niederschlag auf die Substratfläche simulieren. Die Beregnung erfolgte mit einer Dusche (ca. 2,5 l/min) für ca. 30 min. Beide Mischungen zeigten eine weiche Konsistenz aber waren fest haftend an der Basisplatte (Serizitgneis).

- In Versuch 10 wurde das Moos mit der veränderten Moos-Klebe-Mischung aus Versuch 9 auf die Basis (Serizitgneis-Platte) aufgetragen und mit einer Musterfläche von der Mauerkrone Burg Königstein verglichen. Bei beiden Versuchen sind kleine Keimprossen erkennbar und werden weiter betrachtet.
- Der Versuch 11 zeigt die Substratmischung aus Versuch 9. Zusätzlich wurde frisches, zerkleinertes Moos von der Burg Königstein untergemengt und auf die Basisfläche (Serizitgneis) aufgetragen. Kleine Keimprossen sind vereinzelt zu erkennen und der Versuch wird fortgeführt.

Fazit

Die Versuchsreihen zeigen, dass eine angepasste Moos-Klebe-Mischung ausschlaggebend für eine erfolgreiche Mauerbegrünung ist. Witterungseinflüsse, wie Abtragung durch Wind oder Niederschläge, sind entscheidend für die Haftung des Substrats und das Anwachsen der Pflanzen. Bei langanhaltenden heißen Temperaturen wirkt das Moos oft verdorrt, erholt sich aber bei günstiger (feuchter) Witterung schnell. Ein Wetterschutz kann gerade in der Anpflanzzeit von Vorteil sein. Die Bewährung der Neuansiedlung von Moosen auf den Mauerkronen der Burg Königstein muss über einen längeren Zeitraum betrachtet werden.

G. Nina Strickhausen-Bode und Gerd Strickhausen

Begrünung von Mauerkronen nach Sanierung auf Burg Königstein

Einleitung

Im Rahmen des DBU-Projekts in Königstein lag ein Focus auf der Sanierung von Mauerkronen (Beitrag STEINDLBERGER) sowie deren anschließender Begrünung. Die Versuche zur Mauerkronenbegrünung wurden sowohl im Labor des IFS durchgeführt (Beitrag HANEBUTTE) als auch vor Ort auf der Krone einer Brüstung der Spitzen Bastion der Burg Königstein. Letztere sind Gegenstand dieses Beitrags.

Mauerkronen sind extrem starken Belastungen durch hygri-sche und thermische Spannungen ausgesetzt, die früher oder später zum Auftreten von Schäden führen. Nach den Erfahrungen des DBU-Projekts Festung Rosenberg bei Kronach¹ (vgl. Beitrag STRICKHAUSEN & STRICKHAUSEN-BODE), kann Bewuchs von Gefäßpflanzen, Flechten oder Moosen auf Mauern dämpfend wirken. Anders als häufig angenommen sind „die meisten Pflanzen nicht nur unbedenklich, sondern tragen sogar dazu bei, ex-

ponierte Oberflächen vor allzu rascher Rückwitterung zu schützen, ... der Bewuchs durch Efeu, Moose und Flechten hat häufig einen positiven, weil Umwelteinflüsse nivellierenden und den Wassereintrag reduzierenden Effekt“². Es ist davon auszugehen, dass eine Mauerkronenbegrünung eine Abmilderung von Umwelteinflüssen bewirkt und so zu einer längeren Lebensdauer einer Mauerkronensanierung beitragen kann.

Andererseits ist die Vegetation auf Mauerkronen aus der Sicht des Naturschutzes von besonderer Bedeutung. So kamen bei Untersuchungen von Mauerpflanzen an Burgen des Harzgebietes von 149 Mauerpflanzen 14 nur in Mauerfugen, 45 in Fugen und auf Kronen, 90 aber nur auf Mauerkronen vor³. „Bei Restaurierungen sollte man deshalb äußerste Sorgfalt walten lassen, um vorhandene Mikrohabitate durch Bauarbeiten nicht unnötig zu beeinträchtigen oder gar zu zerstören“⁴.



Abb. 1: Burg Königstein, Spitze Bastion mit teils flächigen Moosen auf jahrzehntelang nicht sanierten Brüstungsmauern, Südmauer (li) im Oktober 2019 und Nordmauer (re) im August 2018, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

¹ BEIERKUHNLIN ET AL. 2011. DREWELLO u. SCHMIEDINGER 2007. PICK ET AL. 2002.

² DREWELLO u. DREWELLO 2013, S. 108. Siehe auch: BEIERKUHNLIN ET AL. 2011, S. 72.

³ BRANDES 1996, S. 131f.

⁴ BEIERKUHNLIN ET AL. 2011, S. 21.

Leider lassen sich diese Forderungen im Bauablauf meist nicht erfüllen. Tiefgreifende Sanierungen des biotopisch hochbedeutenden Fugennetzes und der Mauerkronen entwerfen oder zerstören dort gar die Lebensgrundlagen für viele, oft seltene Arten. Die oft über Jahrzehnte oder länger gewachsenen Flora- und Faunabestände benötigen teils extrem lange Zeiträume, um sich zu regenerieren, wenn sie nicht sogar völlig ausgelöscht werden, da mit der zurückgehenden Artenvielfalt der Umgebung eine Neubesiedlung teils unmöglich wird. Nach einer Sanierung kann daher die Begrünung von Mauerkronen wenigstens einen gewissen Ausgleich darstellen und trägt in erheblichem Maß zur schnelleren Entfaltung der teils hochspezifischen Flora und Fauna und damit zum Artenschutz bei.

Im DBU-Projekt Burg Königstein im Taunus wurde in Anlehnung an die Ergebnisse des DBU-Projekts Festung Rosenberg bei Kronach⁵ nicht verholzender Bewuchs nicht nur toleriert, sondern die erwiesenen Schutzpotentiale von Flechten, Moosen und Gefäßpflanzen sollten gezielt zum Schutz des Denkmals genutzt und auf frisch sanierten Mauerkronen eingesetzt werden. Zugleich sollte die Begrünung einen ersten Impuls für eine schnellere Neubesiedlung nach einer Sanierung geben⁶. Moose und Gefäßpflanzen siedeln sich mit der Zeit von allein auf Mauerkronen an, wie ältere Mauerkronen auch auf Burg Königstein zeigen. Es sollten Möglichkeiten erprobt werden, diesen Prozess gezielt zu beschleunigen.

Bisherige Begrünungen von Mauerkronen

Die Begrünung von Mauerkronen hat weit zurückliegende Wurzeln⁷. Begrünte Mauerkronen hat erstmals der damalige Konservator von Hessen-Nassau CARL AUGUST VON COHAUSEN in den 1870er Jahren an der Saalburg als Pflanzwannen ausge-

führt⁸. Das Vorgehen wurde in der Fachliteratur diskutiert und ohne Pflanzwannen propagiert⁹, geriet aber nach dem Ersten Weltkrieg in Vergessenheit.

In den 1980er Jahren wurde die Thematik wieder aufgegriffen und mit einem modifizierten Vorgehen u. a. an der Burgruine Gräfenstein (Rheinland-Pfalz) mit bis heute gutem Erfolg praktiziert¹⁰. Bei der dort angewandten sog. Sandwich-Methode wurde bei Sanierungen in das noch feuchte, die Mauerkrone vollflächig überziehende Mörtelbett eine Lage Grassoden (Rasenziegel) mit den Halmen nach unten eingedrückt. Diese Schicht wurde mit Wasser besprüht. Darüber kam eine zweite Lage Rasensoden, nun aber mit den Halmen nach oben. Zwischen den beiden Lagen wurde z. T. eine Lage Geotex als Wurzelschutz gegen Gehölze eingelegt. Allerdings verhindert das Vlies die vollständige Durchwurzelung und damit Befestigung der Schichten. Die starke Grasdeckung bewirkt sicher eine gute Dämpfung von Umwelteinflüssen. Bei einer 2005 auf Burg Stahlberg (Rheinland-Pfalz) praktizierten ökologischen Sanierung wurde die bestehende Mauerkronenvegetation abgenommen, bis auf die Gehölze zwischengelagert und auf den frischen Mörtel wieder aufgebracht. In einem DBU-Projekt an der Nicolaikirche in Zerbst (Sachsen-Anhalt), das die Sicherung der bis zu 150 m langen Mauerkronen durch Begrünung zum Gegenstand hatte, wurde 2003-2006 eine Variante der weichen Mauerkronensicherung erprobt, bei der eine konkav geformte, kokosnetzgebundene mehrschichtige Kies-Lehm-Packung auf einem Ziegelaufbau auf voller Breite der Mauerkrone aufgebracht und unterschiedlich bepflanzt wurde¹¹. Das sehr aufwendige und damit teure Verfahren wurde in eine internationale Studie über begrünte Mauerkronen mit ca. 240 ausgeführten Beispielen aus vielen Ländern aufgenommen¹². All diese Varianten funktionieren nicht auf stärker geneigten Mauerkronen.

⁵ BEIERKUHNLIN ET AL. 2011. DREWELLO U. SCHMIEDINGER 2007, S. 895. PICK ET AL. 2002, S. 5.

⁶ In der *Baufachpresse* erschien 2019 ein erster Beitrag über die Musterflächen im Rahmen des Projekts: GUIDO WOLLENBERG: Natur- und Denkmalschutz vereint. Mauerkroneninstandsetzung mit gezielter Begrünung auf Burg Königstein, *Bauen im Bestand B + B*, 2019, Jg.42, Nr. 1, 2019, S.39-40.

⁷ Ausführlich in STRICKHAUSEN 2020, S. 157-163.

⁸ COHAUSEN 1877. COHAUSEN 1884, S. 338. COHAUSEN 1891.

⁹ HAGER 1913, S. 107. LUTSCH 1912, S. 34f.

¹⁰ STANZL 1988, S. 22. STANZL 2010, S. 15-18. STANZL 2016 S. 30-36.

¹¹ KREUZIGER 2009/2010; die Liste der dort verwendeten Pflanzen wurde nicht veröffentlicht. Sie ist abgedruckt in: STRICKHAUSEN 2020, S. 171.

¹² MORTON ET AL. 2011, S. 91-93 (Germany).



Abb. 2: Burg Königstein mit unmittelbar angrenzendem bzw. in die Burg hineinreichendem dichten Baumbestand, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen April 2014.

Beschreibung

Burg Königstein ist dicht und eng von Wald umgeben, was zu einem starken Eintrag von Samen der Gehölze auf einer begrünten Mauerkrone führen und einen entsprechenden Pflegeaufwand nach sich ziehen würde. Daher sollte im Projekt mit möglichst wenig Substrat gearbeitet werden, um durch das Austrocknen der Oberfläche im Sommer die aufkeimenden Gehölze zum Absterben zu bringen. Mit sehr wenig Substrat kommen gewisse Gefäßpflanzen aus. Flechten und Moose benötigen sogar gar kein Substrat. Flechten können nach heutigem Kenntnisstand nicht gezielt angesiedelt werden, daher schieden sie bereits in der Frühphase des Projekts aus.

Moose und Kleber

Moose weisen nach den Untersuchungen des DBU-Projekts Festung Rosenberg bei Kronach kein Schadenpotential auf, sondern stellen vielmehr einen sehr guten Schutz darunter liegender (Stein-) Oberflächen dar, wie gut erhaltene Steinbearbeitungen unter Moosoberflächen zeigten¹³. Die Schutzwirkung der Moose liegt in der Nivellierung thermischer und hygrischer Belastungsspitzen. Schon eine nur geringe Stärke der Isolierung hat aufgrund des abnehmenden Grenznutzens eine positive Wirkung. Diesen Effekt dünner Moosbeläge zeigte die Langzeit-Temperaturmessung im Rahmen des Projektes auf Burg Königstein (vgl. Beitrag STOLZE).

Moose können horizontales, geböschtes und unter günstigen Umständen auch vertikales Mauerwerk wie eine biogene Haut überziehen.

Auf dem Extremstandort Mauerkrone können geeignete Moose Trockenheit bis zu einem halben Jahr ohne Schaden ertragen. Moose dringen mit ihren Haftorganellen nicht in den besiedelten Untergrund ein. Sie benötigen kein Substrat, keine Pflege und keinen Dünger. Moose sind auf vielen Mauerkronen der Burg Königstein vorhanden, auch in vollsonnigen Lagen. Sie schienen für das Projekt auf Burg Königstein aus diesen Gründen besonders zur Begrünung frisch sanierter Flächen geeignet zu sein (Abb. 3 und 4).

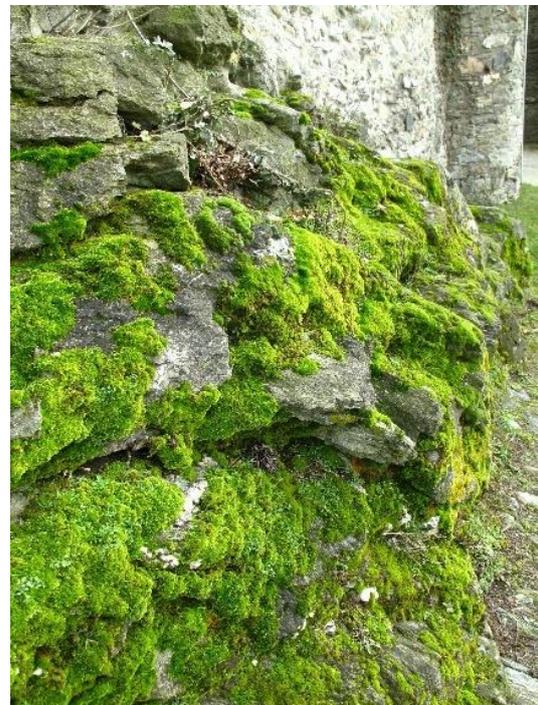


Abb. 3: Burg Königstein, schützende Moose und Flechten überziehen die vertikalen und horizontalen Felsoberflächen am westlichen Ausgang zur Kernburg und schützen sie vor Rückwitterung. Die Bestände sollten bei Sanierung der Mauern unbedingt erhalten bleiben, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Februar 2020.

¹³ BEIERKUHNLIN ET AL. 2011, S. 60, S. 65-67.

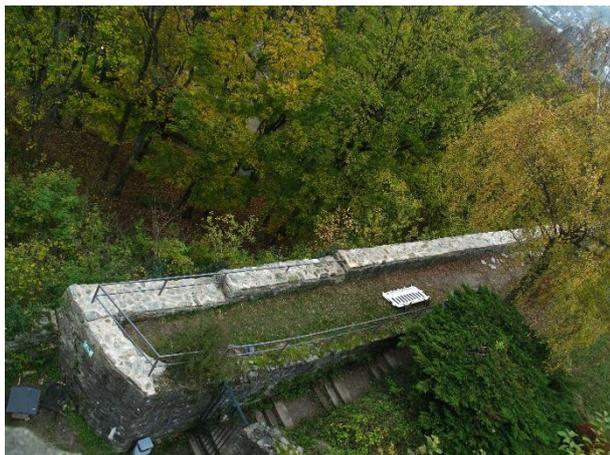


Abb. 4: Burg Königstein mit Musterflächen auf der östlichen Brüstungsmauer der Spitzen Bastion nach Sanierung,
Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Nov. 2017.

Für die Versuche wurde mit verschiedenen Moosen gearbeitet, die teilweise vom Büro Plantago ausgewählt worden waren:

- Moose von der Burg Königstein.
- Moose von vergleichbaren Standorten.
- Moose, die speziell auf kalkhaltigem Untergrund wachsen.
- Moose, die kommerziell gezüchtet wurden („ISATIS montana Pflanzen für Extremstandorte“, Jakob-Reiser-Str. 41, 72574 Bad Urach). Die Kosten lagen unter 5 €/m².
- Außerdem wurden mit „Moss-shake“, einem Produkt aus den USA, Versuche durchgeführt. Bei Erprobungen entsprechend den Angaben des Herstellers im Institut für Steinkonservierung, im Botanischen Garten Gießen und beim Büro Plantago konnte keine Besiedlung der Versuchsflächen mit den Moosen erreicht werden.

Um das Moos in der Anwuchsphase an der Oberfläche zu befestigen, wurden die nötigen Kleber und später Klebermischungen während des Projekts ermittelt und in mehreren Stufen entwickelt (vgl. Beitrag HANEBUTTE). Verwendet wurden Bodenkleber, die bei Anspritzbegrünungen, Rekultivierungsmaßnahmen oder bei Erosions- und Staubschutz zum Einsatz kommen. Alle Kleber wurden erstmals in der Denkmalpflege angewendet.

- Verdyol Super, Stärkekleber auf der Basis von Braunalgen, empfohlen wurden ca. 20 g/m². Verwendet wurden zuletzt 10 g auf 1 Liter.
- Recu Systems SC Soil Stabilizer, Stärkekleber aus Guarkernmehl, benötigt werden für Moosbeleg ca. 20 g/m². Verwendet wurden zuletzt 5 g auf 1 Liter.
- iGGvital SF Soil Fix, verwendet wurde 1 g/l.

Verdyol Super und Recu Systems SC Soil Stabilizer sind organische polymerisierte Kolloide. iGGvital SF Soil Fix ist ein synthetischer Kleber aus wasserlöslichen anionischen Polymeren. Das Produkt war sehr ergiebig. Die verwendeten Kleber verursachen nur geringe Kosten von wenigen Euro-ct. pro m². Die Kleber lösen sich mit der Zeit auf, bis dahin sollen die Moose mit ihren Haftorganellen auf dem Untergrund Halt gefunden haben. Es fiel einhellig eine Entscheidung für die biologischen Kleber.

Gefäßpflanzen und Substrat

Auch Gefäßpflanzen haben aufgrund ihrer abpuffernden Wirkung auf Temperaturspitzen ein Schutzpotential. Sie kommen teils mit äußerst wenig Substrat aus, was sich insbesondere an länger nicht sanierten Mauerkronen der Burg Königstein zeigte. Dies entspricht älteren Beobachtungen, wonach „die Mauerkronen trotz der in der Regel sehr geringen Feinerdeauflage wesentlich bessere Wuchsbedingungen bieten, als dies Mauerfugen tun“¹⁴.

Zur Begrünung der Mauerkrone geeignete Gefäßpflanzen wurden von Dipl.-Biol. Dietmar Teuber in Zusammenarbeit mit Dipl.-Biol. Andreas Guth, Fa. Wildsaaten Wieden & Guth, Raubach 24A, 35583 Wetzlar zusammengestellt (Beitrag TEUBER). Die Mischung enthält ein- und zweijährige sowie mehrjährige Arten, die bereits auf der Burg Königstein vorkommen sowie solche, die für Dachbegrünungen allgemein verwendet werden und solche, die natürliche Vorkommen im Gebiet haben. Das Saatgut selbst lieferte Fa. Rieger-Hofmann GmbH, In den Wildblumen 7-13, 74572 Blafelden-Raboldshausen. Benötigt wurden von der „Sondermischung Mauerkrone“ 5 g/m², die Kosten liegen unter 2 €/m².

Für die Ansaat der Gefäßpflanzen war ein dünnes Substrat erforderlich, dessen Zusammensetzung und Verarbeitung in Laborversuchen im Institut für

¹⁴ BRANDES 1996, S. 131.

Steinkonservierung entwickelt (Beitrag HANE BUTTE) und aufgrund der Erfahrungen vor Ort optimiert wurde. Diesem Substrat wurde in einigen Fällen Superabsorber „Stockosorb“ unterschiedlicher Körnung und in Pulverform zugefügt, um die Wasserversorgung der Sämlinge zu optimieren. Hierbei handelt es sich um eine Wasserspeicher-Substanz, die das 300-fache ihres Eigenvolumens an Wasser speichern kann und damit die Wasserhaltekapazität erhöht. Die gespeicherte Feuchtigkeit wird über einen längeren Zeitraum abgegeben und sorgt für eine gleichmäßigere Versorgung des Pflanzgutes. Die umweltverträgliche Substanz ist chemisch ein vernetztes Acrylsäure-Copolymer auf Kaliumbasis, nimmt keinen Einfluss auf den pH-Wert und ist innerhalb von drei bis fünf Jahren biologisch abbaubar.

Musterflächen

Nach der Sanierung der östlichen Mauerkrone der Spitzen Bastion mit unterschiedlichen Mörteln in 2017 (Beitrag STEINDLBERGER) wurden auf bestimmten Flächen Moose und Gefäßpflanzen ausgebracht. Die Verteilung der angelegten Flächen sah anfangs vor, dass jeder Mörtel mit jedem Kleber sowie jeder Moosmischung bzw. den Gefäßpflanzen kombiniert wurde. Außerdem waren Referenzflächen vorhanden. Ungefähr die nördliche Hälfte der Musterflächen lag teils im morgendlichen Schatten einer Birke, während die südliche Hälfte vollsonnig lag.

Ausbringen der Moose

Das Ausbringen der Moose erfolgte Anfang November 2017, April 2018, Ende Oktober 2018, Mitte April 2019 und Ende September 2019. Die 2017 und 2018 ausgebrachten Moose waren zuvor zerkleinert worden, da Moos sich auch über kleine Sprossen vermehren kann. Benötigt wurden ca. 100 g Moose/m². 2019 wurde auch mit unzerkleinertem Moos gearbeitet.

2017 wurde als Kleber Verdyol-Super verwendet. Das Mischungsverhältnis betrug ca. 15 g Verdyol-Super auf 1 Liter Wasser. Der Kleber wurde mit einem Quast auf die Mauerkrone aufgebracht. Die Durchführung erfolgte bei Nieselregen. Der Kleber konnte in der Folge wegen Dauerregen nicht durchtrocknen, so dass das Material von der Mauerkrone überwiegend abgewaschen wurde.



Abb. 5: Burg Königstein, Spitze Bastion mit nicht schädenträchtigen, weil nicht verholzenden Gefäßpflanzen und Moosen auf der unsanierten Südmauer, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen September 2017.



Abb. 6: Burg Königstein, Spitze Bastion, Musterflächen mit ausgebrachten Moosen am 8. November 2017, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Alle verwendeten Kleber müssen einmal gut durchtrocknen um abzubinden. Dann ist eine ausgesprochen gute Haftung vorhanden und sie können wieder mit (Regen-)Wasser in Berührung kommen. Zur Abdeckung kann bei Bedarf z. B. Heuschutzvlies verwendet werden.

2018 wurden, nachdem im Winter Teilflächen der Mauerkrone aufgefroren und im April und im Oktober 2018 neu aufgemauert waren, neue Flächen mit Moos angelegt. Nun wurde mit Guarkernmehl (Recu Systems SC) als Kleber gearbeitet. Mischungsverhältnis: ca. 10 g Guarkernmehl (Recu Systems SC) auf 1 Liter Wasser. Nach den Erfahrungen von 2017 trocknete der Kleber unter einem Heuschutzvlies problemlos und zeigte danach eine gute Haftung. Auf Substratflächen für Gefäßpflanzen wurden testweise schmale Streifen mit Moosen angelegt.

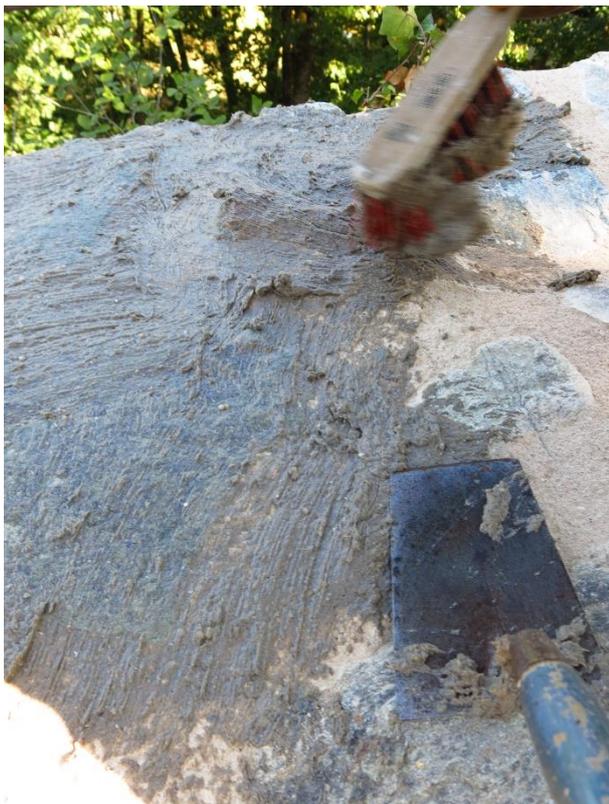


Abb. 7: Burg Königstein Musterflächen, Aufbringen einer Klebemasse mit Zellulose und Lehm Sept. 2019, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Zellulose, 60 g Guarkernmehl (Recu Systems SC), 6 g Stockosorb Powder. Diese Menge reichte für drei Flächen à ca. 1 m². Zellulose und Lehm wurden unter Verwendung eines Maschinenquirls in das Wasser eingerührt, bis eine gleichmäßige Masse entsteht. Dann wurde das zuvor trocken mit Stockosorb gemischte Guarkernmehl unter Rühren dazu gegeben und zu einem Brei verrührt. Damit das Stockosorb quellen konnte, blieb die Masse ca. 15 Minuten stehen. Mit einem kräftigen Handfeger wurde die Klebemasse dann dünn auf die sanierte Mauerkrone aufgetragen und direkt darauf sowohl zerkleinerte als auch unzerkleinerte Moose aufgebracht und leicht angedrückt.

In allen Fällen muss die Oberfläche der Kleber noch feucht sein, wenn das Moos aufgebracht wird, was besonders bei warmem und windigem Wetter zu berücksichtigen ist.

Aussaat der Gefäßpflanzen

Die Saatmischung für die Gefäßpflanzen wurden im Laufe des Projekts im April 2018 und Mitte April 2019 auf Substrat ausgebracht. Benötigt werden ca. 5 g Saatgut „Sondermischung Mauerkrone“ je m². Rezept des Substrats: 13 l Wasser, 1,75 kg Bims, 1,75 kg Zellulose, 1,75 kg Lehm, 300 g Guarkernmehl, ggf. Beigabe pro Liter Wasser 1 g Stockosorb Powder. Diese Menge reicht für ca. 2 m². Die Kosten betragen wenige €/m². Die Zellulose wurde unter Verwendung eines Maschinenquirls in das

2019 wurden, nachdem im Winter weitere Teilflächen der Mauerkrone von 2017 aufgefroren und im August/September 2019 neu aufgemauert waren, neue Begrünungsflächen angelegt. Diesmal wurden Klebmassen verwendet mit Zellulose sowie mit Zellulose und Lehm. Rezept der zuletzt verwendeten Klebemasse: 6 l Wasser, 330 g Lehm, 660 g



Abb. 8: Burg Königstein Musterflächen mit unzerkleinerten Moosen aufgebracht im Sept. 2019, Zustand im Februar 2020 und Mai 2020, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Wasser eingerührt bis eine gleichmäßige Masse entstand. Dann wurde das Guarkernmehl (ggf. zuvor trockene Mischung mit Stockosorb) beigefügt und gut verrührt. Schließlich wurden die übrigen Zutaten (Bims, Lehm) mit einem Maschinenquirl gut untergemischt. Bei Verwendung von Stockosorb muss die Mischung ca. 15 Minuten zum Quellen stehen gelassen werden. Dann wurde die Masse mit einer Maurerkelle etwa 3-4 cm dick auf die Mauerkrone aufgebracht und mit einem groben Handfeiger egalisiert. Das Saatgut wurde direkt auf die Oberfläche aufgebracht und leicht (!) angeklopft. Da etliche Arten Lichtkeimer sind, dürfen die Samen nicht mit Substrat bedeckt sein. In 2019 wurden die Flächen zusätzlich mit einem leichten Jutegewebe abgedeckt, das auf dem Substrat durch Andrücken befestigt wurde. Auf den Substratflächen wurden 2018 auch Streifen mit Moossprossen angelegt.

Ergebnisse

Moose und Kleber

Die Musterflächen wurden kontinuierlich, besonders aber im Februar 2020 überprüft. Im Mai 2020 wurden alle Moosflächen durch Büro Plantago und Burgenbüro Dr. Strickhausen kontrolliert (Beitrag TEUBER Tabelle).

Die wenigen von 2017 erhaltenen Moospartien (der Kleber hatte nicht abgebunden) zeigten nach erstem Regen im September 2019 gutes Wachstum. Die 2018 auf dem Substrat für Gefäßpflanzen mit angelegten Moosflächen zeigten 2019 und 2020 gu-

tes Wachstum, insbesondere das Zypressenschlafmoos (*Hypnum cupressiforme*) erwies sich als besonders wüchsig. Auf den im März 2019 angelegten Moosflächen waren die Moossprossen nach extremer Trockenheit im Sommer schon nach dem ersten Regen im September 2019 sehr vital. Es zeigten sich größere Partien von neu sprießenden Moosen entlang der Fugen. Im Februar 2020 waren alle Moosflächen gewachsen, und es zeigten sich immer mehr Partien, besonders auf Mörtel, mit winzig kleinen Moossprossen. Die Moose zeigten eine größere Überdeckung der Musterflächen in dem teilweise beschatteten Bereich.

An vielen Stellen wachsen die auf Klebmasse aufgebrachten Moose auf die eigentliche Oberfläche der Mauerkrone. Moossprossen besiedeln am besten raue Mörteloberflächen. Je glatter der Mörtel ist, desto weniger Sprossen sind zu verzeichnen. Die glatten Bruchflächen des Serizits verzeichneten die geringste Besiedlung mit Moossprossen. Es konnte dagegen kein Unterschied der Besiedlung auf den unterschiedlichen verwendeten Mörteln beobachtet werden.

Bewuchs mit Moossprossen ist auch auf Flächen zu finden, auf denen keine Moose ausgebracht wurden. Auch dies betrifft bevorzugt raue Oberflächen von Fugenmörtel. Die Sprossen sind so klein, dass nicht davon auszugehen ist, dass sie Teil von zerkleinertem Moosmaterial sind, die zur Besiedlung ausgebracht wurden, sondern dass es sich um neue Sprossen handelt, die aus Moosporen entstanden sind.



Abb. 9: Burg Königstein, zertifizierte Saatmischung „Sondermischung Mauerkrone“, erstellt 2017. Musterfläche mit Substrat und keimender Ansaat, Zustand Mai 2018, Trockenschäden im August 2018, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Die im Lauf des Projekts verwendeten Moosmischungen erwiesen sich generell als brauchbar. Seitenfrüchtige Moose wie Zypressenschlafmoos wachsen am besten. Moose der trockenen Standorte wachsen generell deutlich langsamer. Sie waren weniger im Spektrum der kommerziellen Mischung vertreten gewesen. Auch diese Moose sind angewachsen, aber stehen erwartungsgemäß in der Ausbreitung zurück.

Der in 2017 verwendete Kleber (Verdyol-Super) war bei Nieselregen aufgebracht worden, konnte durch nachfolgenden Dauerregen nicht durchtrocknen und war daher mit den Moosen bis auf wenige Reste abgewaschen worden. In 2018 wurde Guarkernmehl (Recu Systems SC) als Kleber verwendet. Dieser hat eine sehr gute Klebewirkung und kann empfohlen werden. Die in 2019 verwendete, zusätzlich mit Lehm und Zellulose versetzte Klebmasse schüsselte bei Trocknung stark und hatte sich mit dem Moos von der Oberfläche abgelöst, mithin nicht bewährt. Die Klebewirkung war allerdings so stark, dass zum Teil die obere Kornlage des Mörtels mit abgelöst wurde.

Gefäßpflanzen und Substrat

Auf den Flächen von April 2018 waren die Keimlinge nach dem extrem trockenen Sommer völlig vertrocknet. Auf den im April 2019 angelegten Flä-

chen zeigten sich bedingt durch die anschließende anhaltende Trockenheit erst nach ersten Regenfällen im September 2019 zahlreiche Keimlinge. Im Februar 2020 waren deutliche Bestände von kleinen vitalen Pflänzchen vorhanden. Diese sind mit dem trockenen Sommer 2020 vergangen.

Das der Samenmischung zur Erleichterung der Aussaat beigemischte Maisschrot wurde nach der Aussaat 2019 von Vögeln, vermutlich Tauben als Nahrung entdeckt. Die Abdeckung mit Jutegewebe und die darunter liegende Substratschicht wurden durch die Nahrungssuche der Vögel z. T. flächig zerstört.

Das Substrat schüsselte je nach Mischung bei Austrocknung unterschiedlich stark und hat sich teils vom Untergrund gelöst. Dennoch ist generell der Verbleib an der Maueroberfläche auch nach mehr als eineinhalb Jahren noch ausgesprochen gut. Als Untergrund für die Saatmischung ist das Substrat mit einer Auftragsschicht von bis zu ca. 4 cm deutlich zu dünn für die extremen Sommer der letzten beiden Jahre. Es war kein Unterschied im Pflanzenwachstum feststellbar, ob dem Substrat Superabsorber beigefügt worden war oder nicht. Die Feuchtigkeit reichte für ein kontinuierliches Wachstum nicht aus. Die Verwendung des Superabsorbers konnte die fehlenden Niederschläge nicht kompensieren.



Abb. 10: Burg Königstein, Musterflächen mit Moosen und verschiedenen Klebmassen, Zustand oben jeweils Mai 2019, unten im Februar 2020, Fotos: Burgenbüro Dr. Strickhausen.

Vor dem Hintergrund dieses Ergebnisses wurden im Herbst 2019 mehrere Bereiche auf Mauerkronen der Burg Königstein mit Altbeständen an Gefäßpflanzen untersucht. Es zeigte sich in allen Fällen, dass die Feinerdeauflage zwar dünn bis nicht vorhanden war, die Pflanzen aber stets mit feinen und feinsten Haarwurzeln in Flankenabrissen verhaftet waren. Wie die Feuchtemessungen auf der Spitzen Bastion gezeigt haben, befindet sich im Inneren der Mauern auch in extrem trockenen Sommern Feuchtigkeit (vgl. Beitrag STOLZE). Ohne diesen Kontakt in das Innere des Mauerwerks scheinen Gefäßpflanzen nicht überleben zu können.

Zusammenfassung

Auf der Spitzen Bastion der Burg Königstein wurden auf fertiggestellten Musterflächen zur Sanierung von Mauerkronen (Beitrag STEINDLBERGER) Versuche zur Begrünung dieser Mauerkronen mit Moosen und Gefäßpflanzen durchgeführt. Begrünung von Mauerkronen verspricht durch die Dämpfung von hygrischen und thermischen Spannungen eine Verlängerung der Standzeit einer sanierten Mauerkrone. Weitere Vorteile sind gegenüber einer kahlen Mauerkrone die Steigerung der Biodiversität und die Verbesserung des Erscheinungsbilds bei einer alten Ruine. Der positive Einfluss einer Mooschicht auf die thermischen Spannungen konnte messtechnisch nachgewiesen werden (Beitrag STOLZE).

Verwendet wurden verschiedene Moosmischungen und eine speziell für diesen Zweck zusammengestellte Saatmischung. Die Moose wurden bei Anlage der Musterflächen mit Bodenklebern auf biologischer Basis aufgeklebt. Die Gefäßpflanzen wurden auf unterschiedliche, eigens entwickelte Substrate gesät. Nach Vorversuchen im Institut für Steinkonservierung (Beitrag HANEBUTTE) wurden in 2017, 2018 und 2019 Musterflächen auf der Spitzen Bastion angelegt.

Das bei allen Versuchen verwendete Material ist wenig kostenintensiv. Die Arbeiten vor Ort sind mit der Fachkenntnis einer mit der Sanierung von Natursteinmauern vertrauten Fachfirma durchführbar. Die Flächen können jeweils unmittelbar nach der notwendigen Nachbehandlung der neu aufgemauerten Flächen durchgeführt werden.

Aufgrund der Projektlaufzeit von drei Jahren, wiederholt zu erneuernden Mörtelflächen, technischen

Problemen sowie extremer Witterung sind Moose nur auf kleinen Flächen in der erwarteten Weise über einen längeren Zeitraum gewachsen. Gefäßpflanzen lassen sich mit wenig Substrat bei den trockenen Witterungsverhältnissen der letzten Jahre nicht auf frisch sanierten, mithin intakten Mauerkronen ansiedeln.

Moose und Kleber

Aufgrund nicht abgebundener Kleber in 2017, verworfener und neu aufgemauert Musterflächen für Mörtel in 2018 und 2019 sowie Ablösen der Klebermischung in 2019 durch sehr starkes Schüsseln sind wiederholt starke Verluste der aufgetragenen Moose eingetreten. Die extrem trocknen Sommer 2018, 2019 und 2020 stellten eine zusätzliche Schwierigkeit dar.

Dennoch ist gutes Wachstum der angesiedelten Moose zu verzeichnen. Dabei sind Wachstum und Ausbreitung der Moose in morgens beschatteter Lage erheblich besser als in vollsonniger Lage, was an den für diese Standorte typischen langsam wachsenden Moosen liegt. Generell ist das Wachstum auf rauen Oberflächen, bevorzugt von Mörtel, viel besser als auf glattem Mörtel oder gar auf den glatten Bruchflächen des Serizits. Neuer Bewuchs geht offenbar nicht nur von den aufgetragenen zerkleinerten Moosprossen aus, sondern auch von Sporen.

Im Verlauf des Projekts hat sich die gezielte Ansiedlung von Moosen auf Mauerkronen grundsätzlich als machbar erwiesen. Die natürliche Ansiedlung von Moos auf frisch sanierten Mauerkronen kann also gezielt unterstützt und beschleunigt werden. Eine mit Moosen geschlossene Oberfläche ist auch im Vergleich zu den Altbeständen auf der Burg generell nur an günstigen Standorten zu erwarten und benötigt sicher eine längere Zeitspanne.

Bei zukünftigen Versuchen sollten die Moose am besten im Herbst ausgebracht werden. Die Oberflächen der Mörtel sollte möglichst rau sein. Es sollte zerkleinertes und unzerkleinertes Moos gemischt verwendet werden. So stehen schneller Sporen zur Verfügung. Schließlich sollte der Kleber nicht flächig aufgebracht werden, sondern besser netzförmig oder in Tropfen, damit die Moose mit ihren Sprossen auf die Mörtel- und Steinoberflächen wachsen können.



Abb. 11: Burg Königstein, Moos auf einer Musterfläche angelegt im November 2017. Die Moose verbreiten sich besonders gut auf dem Mörtel in den Fugenbereichen, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Febr. 2020.



Abb. 12: Burg Königstein, Moos auf einer Musterfläche angelegt im November 2017. Die Besiedlung der sanierten Flächen ist Erfolg versprechend. Da Moose langsam wachsen, braucht man Geduld bis ein flächiger Bewuchs vorhanden ist, Foto: Burgenbüro Dr. Strickhausen Febr. 2020.

Gefäßpflanzen und Substrat

Die Ansaatversuche von 2018 und 2019 waren nicht erfolgreich. Dies ist zuerst in den extrem heißen und trockenen Sommern begründet. Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass Gefäßpflanzen auf frisch sanierten Mauerkronen mit dünnem Substrat schlecht überleben können. Auf intak-

ten Mauerkronen finden die Pflanzen im Unterschied zu alten Mauerkronen keine Flankenabrissse zwischen Mörtel und Steinen vor, über die sie mit ihren Haarwurzeln in das Innere des Mauerwerks eindringen und ihren Feuchtigkeitsbedarf decken können. Diese Flankenabrissse erklären, warum insbesondere entlang von Fugen Bewuchs auf Mauerkronen zu beobachten ist. Die Ansaat von Gefäßpflanzen setzt also andere Bedingungen voraus als die im Projekt gegebenen. Eine Mauerkronenvegetation ohne eine starke Substratschicht muss demnach wohl als Zeiger für erste Schäden an der Mauerkrone gedeutet werden.

Die speziell zusammengestellte Saatmischung mit ihrem auf (extrem) trockene Standorte spezialisiertem Pflanzenspektrum dürfte grundsätzlich für Begrünungen mit stärkerem Substrat geeignet sein. Das im Verlauf des Projekts entwickelte Substrat aus Zellulose, Lehm, Bims, Guarkernmehl und Wasser sowie mit bzw. ohne Superabsorber erweist sich mit der zuletzt verwendeten Rezeptur als problemlos zu verarbeiten, gut auszubringen und schnell abbindend. Es kann auf eher horizontalen Kronen eingesetzt werden. Die Aussaat ist an den Herbst bzw. das frostfreie Frühjahr gebunden. Beim Saatgut sollte in Zukunft statt Maisschrot eher Sand o. ä. als Beigabe verwendet werden, um Fraßschäden durch Vögel zu vermeiden.

Ausblick

Im Projekt auf Burg Königstein konnten Grundlagen erarbeitet werden, um Moose nach einer Sanierung auf Mauerkronen anzusiedeln. Es ergeben sich technische Herausforderungen wie eine spezielle Aufbringung des Klebers, die in einem anderen Rahmen weiter entwickelt werden müssen.

Generell sollten nach Sanierungen Impulsflächen in Form von bewachsenen, wieder verwendeten Steinen, gezielt aufgebracht Vegetation, oder umgesetztem Pflanzenmaterial mit Feinerde geschaffen werden, damit von diesen Inseln eine schnellere Neubesiedlung der Flächen erfolgen kann.

Wir danken der Firma Bender GmbH & Co. KG Re-kultivierungen und Ingenieurbiologie, Unterdorf 50, 35466 Rabenau (b. Gießen) herzlich für ihre Unterstützung. Ebenso danken wir der Fa. IGG Internationale Geotextil GmbH, Vor der Lake 14, 57392 Schmallenberg.

Literatur

- BEIERKUHNLEIN, CARL, DREWELLO, RAINER, SNETHLAGE, ROLF und TÖPFER, LUTZ (Hg.): Zwischen Denkmalschutz und Naturschutz. Leitfaden zur naturverträglichen Instandhaltung von Mauerwerk in der Denkmalpflege (Initiativen zum Umweltschutz 83), Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Berlin 2011.
- BRANDES, DIETMAR (1996): Burgruinen als Habitatsinseln. Ihre Flora und Vegetation sowie die Bedeutung für Sukzessionsforschung und Naturschutz dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der Burgruinen des Harzgebietes (Braunschweiger Naturkundliche Schriften 5), 1996, S. 125-163.
- COHAUSEN, AUGUST VON (1877): Über die Erhaltung von altem Mauerwerk, in: Monatschrift für rheinisch-westfälische Geschichtsforschung und Altertumskunde 3, 1877, S. 207-216.
- COHAUSEN, AUGUST VON (1884): Die Erhaltung der Baudenkmäler, besonders der Wehrbauten, in: Centralblatt der Bauverwaltung, hg. im Ministerium der öffentlichen Arbeiten 4, 1884, Nr. 34, S. 337-340.
- COHAUSEN, AUGUST VON (1891): Die Altertümer im Rheinland, 1891, S. 80.
- DREWELLO, RAINER und DREWELLO, URSULA (2013): Mauervegetation: ein Gefährdungs- und Konservierungspotenzial für historisches Mauerwerk, in: Naturstein in der Kulturlandschaft, hg. v. Siegfried Siegesmund und Rolf Sneathlage, Halle 2013, S. 108-116.
- DREWELLO, RAINER und SCHMIEDINGER, ANDREAS: The sandstone of the fortress Rosenberg in Kronach between ecology and cultural heritage preservation, in: Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften Band 158 Heft 4 (2007), S. 895-919.
- HAGER, GEORG (1913): Einfluß der Vegetation auf die Baudenkmäler, in: Denkmalpflege. Auszug aus den stenographischen Berichten des Tages für Denkmalpflege, Danzig 1900-1912, Bd. 2, 1913, S. 98-123.
- KREUZIGER, KLAUS (2009/2010): Die ingenieurbiologische Mauerkroneicherung und ihre Anwendung bei Bauwerken aus Naturstein, Teil I, in: Der Bausachverständige 5, 2009, Heft 2, S. 9-14, Teil II, in: ebda. 6, 2010, Heft 2, S. 10-15.
- MORTON, TOM et al. (2011): Soft Capping in Scotland. The context and potential of using plants to protect masonry, Volume 1, Edingburgh 2011 (Germany: S. 91-93.)
- STANZL, GÜNTHER (1988): Zum Umgang mit Burgen und Burgruinen. Merkblatt hg. v. Landesamt für Denkmalpflege/ Verwaltung der staatlichen Schlösser Rheinland-Pfalz, 2. geänderte und erweiterte Aufl., Mainz 1988 (1. Aufl. 1987).
- STANZL, GÜNTHER (2010): Denkmalpflege auf Burgen und Burgruinen (Praxis Ratgeber zur Denkmalpflege, Informationsschriften der Deutschen Burgenvereinigung e.V., Nr. 12), Braubach 2010.
- STANZL, GÜNTHER (2016): Das schwächste Glied frei bewitterter historischer Ruinenmauern – die Mauerkrone, in: Sanierung historischer Stadtmauern. Planung – Ausführung – Wartung, Fachkolloquium 10.11.2015 Goslar, hg. v. Christine H. Bauer, Gabriele Patiz, Stuttgart 2016, S. 23-40.
- STRICKHAUSEN, GERD, STRICKHAUSEN-BODE G. NINA (2020): Burg Königstein, Burgpflegewerk, Teil 1, Textband, (MS) Königstein 2020.
- WOLLENBERG, GUIDO: Natur- und Denkmalschutz vereint. Mauerkroneninstandsetzung mit gezielter Begrünung auf Burg Königstein, Bauen im Bestand B + B, 2019, Jg.42, Nr. 1, 2019, S.39-43.

Jeremias Stolze

Einflüsse auf die Feuchte- und Temperaturverhältnisse in der Mauerkrone auf Burg Königstein

Ziele des Monitorings

Die Mauerkronen von Burgen und Burgruinen sind ganzjährig allen Witterungseinflüssen ausgesetzt. Aufgrund der starken Feuchte- und Temperaturbeanspruchung treten Schäden an der Mauerkrone sehr häufig in relativ kurzen Zeitabständen auf. Beobachtungen zeigen, dass Bereiche der Mauerkrone, die von Moos bedeckt sind, eine geringere Schädigung aufweisen. Diese Beobachtung soll mit Hilfe des Monitorings genauer untersucht werden. Weiterhin wird der Einfluss von angelegten Musterflächen mit verschiedenen Substratmischungen für das geförderte Wachstum von Moosen und Flechten auf der Mauerkrone ebenfalls untersucht.

Für die Messung werden spezielle Temperatursensoren eingesetzt, die von oben, in den ersten Zentimetern des Mörtels der Mauerkrone, die Temperaturverhältnisse erfassen sollen. Die Temperatursensoren werden dabei in Bereichen mit und ohne Moosbewuchs sowie in einer Musterfläche mit

Substratmischung nebeneinander platziert, damit eine mögliche Auswirkung des natürlichen Moosbewuchses sowie der angelegten Substratfläche, durch den Vergleich der Messwerte, festgestellt werden kann.

Das Monitoring wurde in einem Zeitraum von August 2018 bis Juli 2020 durchgeführt. Während der Messungen mussten verschiedene Umbauten und Verbesserungen des Messsystems durchgeführt werden. Die Veränderungen werden nachfolgend dargestellt.

Verlauf der Messungen

Besonders zu Beginn der Messungen traten erhebliche Probleme auf, die zu größeren Lücken im Monitoring führten. Die Änderungen bzw. Ereignisse werden daher in Tabelle 1 chronologisch stichpunktartig aufgelistet.

Tab. 1: Chronologische Auflistung der Ereignisse während der Messungen

Datum	Änderung / Ereignis
12.04.2018	Erste Besichtigung und Einschätzung vor Ort
12.07.2018	Vorstellung Messtechnik beim Fachbeiratstreffen
13.08.2018	Einbau der Feuchte- und Temperaturmesslanzen, Speicherung der Daten lokal auf SD-Karte
11.10.2018	Umbau des Messsystems zu reiner Temperaturmessung, Abschalten der Temperatur- und Feuchtesensoren
30.10.2018	Umbau Messsystem und Beginn Übertragung der Informationen über GSM
19.12.2018	Ausbau Messsystem und Vorbereitung zum Austausch der Messeinrichtung
20.12.2018	Einbau Messsystem erneuerte Version der Messeinrichtung, reine Temperaturmessung
08.01.2019	Kontrolle Stromversorgung, Temperatursensoren funktionieren, Probleme mit Ausfällen der Messeinrichtung
22.01.2019	Austausch Stromversorgung vermuteter Spannungsabfall behoben, weiterhin Ausfälle
29.01.2019	Austausch Mainboard, Hardwarefehler im Mainboard hat zu Ausfällen geführt, Austausch löst Problematik
16.02.2019	Kontrolle Messsystem
19.04.2019	Einbau der Substratmischung auf Feld 3
03.08.2019	Ausfall von Sensor 1 hat eine Fehlfunktion verursacht
13.08.2019	Fehlfunktion behoben, Sensor 1 deaktiviert
10.12.2019	Ausfall der Sensoren, vermutlich durch Frostschäden
30.01.2020	Umfangreicher Austausch der Sensorik, Einsatz deutlich widerstandsfähigerer Temperatursensoren
26.07.2020	unterbrechungsfreier Betrieb

Die ersten Ergebnisse der hygrometrischen Feuchtemessung der zu Beginn eingesetzten Lanzen zeigten, dass eine sehr hohe Feuchtigkeit in der Mauerkrone vorhanden ist. Dies ergab sich bereits direkt nach dem Einbau, obwohl zuvor - im Sommer 2018 - hohe Temperaturen mit sehr wenigen Regenereignissen vorlagen. Da die Messung der relativen Feuchtigkeit im Bohrloch konstant 100 % ergab, entstehen keine weiteren Erkenntnisse aus einem Langzeitmonitoring der Feuchteverhältnisse (es ist mit keinen messbaren Schwankungen zu rechnen).

Aufgrund dieser hohen Feuchtigkeit und da die Messtechnik dauerhaft direkt der Witterung ausgesetzt ist, kam es innerhalb der ersten zwei Monate zu Ausfällen bei den Messungen. Die eingesetzten Messlanzen müssen für diesen Zweck noch weiter optimiert werden.

Zu Beginn wurde versucht, die Sensoren, die Temperatur und Feuchtigkeit erfassen, zu deaktivieren und lediglich die Daten der Temperatursensoren auszulesen. Als dies ebenfalls nicht erfolgreich war, wurde das gesamte System ausgetauscht. Mit neuen, reinen Temperatursensoren konnte ab dem 20.12.2018 der Messbetrieb wieder aufgenommen werden. Im Januar 2019 mussten zusätzlich die Stromversorgung und ein Mainboard ausgetauscht werden. Im Zuge des Geräte austauschs wurde auch die Klimaerfassung mit Strahlungsintensität (UV-Strahlen), Regenereignissen und Lichtstärke vorerst deaktiviert.

Seit Ende Januar 2019 können die Temperaturen über einen langen Zeitraum ohne Unterbrechungen erfasst und über die Weboberfläche kontrolliert werden. Die Auswertung erfolgt für den Zeitraum, ab dem die Messungen über lange Zeiträume unterbrechungsfrei möglich waren (ab dem 29.01.2019).



Im August 2019 ist der Temperatursensor 1 in Feld 1 ausgefallen. Dies hat zu einer Fehlfunktion und zu einem Ausfall von ungefähr einer Woche geführt. Im Anschluss wird das Monitoring ohne die Messung von Sensor 1 fortgeführt.

Im Dezember 2019 kam es, nachdem über mehrere Tage in der Nacht Außenlufttemperaturen von unter 0 °C herrschten, zu Schäden der Abdichtung einiger Temperatursensoren, was zu einem Kurzschluss und in der Folge zu einem Ausfall der gesamten Messtechnik führte. Der Schaden ist auf das Einreißen der Abdichtung durch das Gefrieren von Feuchtigkeit zurückzuführen.

Nach Rücksprache erfolgte eine weitere Verbesserung der Messtechnik durch den Einsatz hochwertiger, widerstandsfähigerer Temperatursensoren. Ab dem 30. Januar 2020 konnte so die Messung fortgesetzt werden. Ein besonderer Fokus lag auf der Erfassung der Temperaturentwicklungen in der Mauerkrone infolge eines Außenklimas unter 0 °C.

Aufbau des Messsystems (Messanordnung)

Der ausgewählte Abschnitt der Mauerkrone wird in Abbildung 1 bis 4 dargestellt. Er befindet sich hinter dem Eingangsbereich oberhalb des Kiosks bzw. des Kassenhäuschens. In Abbildung 5 bis 7 wird das erste Monitoringsystem dargestellt, das im Dezember 2018 ausgetauscht werden musste. Das zweite Monitoringsystem mit der entsprechenden Einteilung der Messfelder wird in Abbildung 8 gezeigt. Hierbei sind die verschiedenen Abschnitte farblich markiert. Die Aufteilung ergibt sich von links nach rechts: Feld 1 (blau) ohne Moosbewuchs, Feld 2 (rot) mit Moosbewuchs und Feld 3 (gelb) mit nachträglich aufgebrachtem Substrat.



Abb. 1: Bereich der Mauerkrone, an dem das Monitoring erfolgt.



Abb. 2: Detailaufnahme der Mauerkrone, oberhalb des Kiosks und Kassenhäuschens.



Abb. 3: Detailaufnahme der Fugen und des Moosbewuchses auf der Mauerkrone.



Abb. 5: Darstellung des ersten Monitoringsystems, das im Anschluss ausgetauscht werden musste.



Abb. 6: Detailaufnahme der eingesetzten Messlanzen des ersten Monitoringsystems.



Abb. 7: Detailaufnahme der eingesetzten Messlanzen des ersten Monitoringsystems ohne aufgebrachtes Substrat.



Abb. 8: Darstellung des zweiten Monitoringsystems, hierbei ist das Auslesegerät schwarz markiert, die Messung des Umgebungsklimas erfolgt über den Thermo-/Hygrosensor bei der grünen Markierung und die drei Messfelder mit jeweils drei Temperatursensoren sind in blau, rot und gelb markiert.

Die genauere Position der einzelnen Sensoren wird in der Abbildung 9 bis 12 gezeigt. Grundsätzlich sind immer die ersten zwei Sensoren in einem ca. 1 cm tiefen Bohrloch in der Fuge angebracht und der dritte Sensor eines jeden Feldes ist liegend auf

der Oberfläche befestigt. Für den Sensor auf der Oberfläche in Feld 2 (Sensor 6) ist zu berücksichtigen, dass sich dieser zwischen dem Moosbelag und dem Mauerwerk und nicht an der Oberfläche auf dem Moos befindet.



Abb. 9: Im ersten Feld (links, blaue Markierung), sind die Temperatursensoren 1, 2 und 3 eingesetzt, dabei sind die Sensoren 1 und 2 in einem Bohrloch ca. 1 cm in der Fuge befestigt, während Sensor 3 auf der Oberfläche der Mauerkrone aufliegt, auf dem Messbereich befindet sich kein Moos.



Abb. 10: Im zweiten Feld (mittig, rote Markierung), sind die Temperatursensoren 4, 5 und 6 eingesetzt, dabei sind die Sensoren 4 und 5 in einem Bohrloch ca. 1 cm in der Fuge befestigt, während Sensor 6 auf der Oberfläche der Mauerkrone (unterhalb des Mooses) aufliegt, auf dem Messbereich befindet sich Moos.



Abb. 11: Detailaufnahme des zweiten Feldes von Sensor 5, montiert im Moos.



Abb. 12: Im dritten Feld (rechts, gelbe Markierung), sind die Temperatursensoren 7, 8 und 9 eingesetzt, dabei sind die Sensoren 7 und 8 in einem Bohrloch ca. 1 cm in der Fuge befestigt, während Sensor 9 auf der Oberfläche der Mauerkrone aufliegt, auf dem Messbereich befindet sich kein Moos, ab dem 18.04.2019 befindet sich in diesem Feld das Substrat.

Die Positionierung und Installation des dritten Messsystems mit den widerstandsfähigeren, hochwertigen Temperaturmessfühlern wird in Abbildung 13 als Übersicht dargestellt. Die detaillierte Einbausituation der einzelnen Temperatursensoren wird in den Abbildungen 14 bis 18 dargestellt. Die Auftei-

lung und die Position der Sensoren ist identisch mit der Installation bei dem zweiten Messsystem. Die Zuordnung der Temperatursensoren zu den verschiedenen Feldern für das dritte Messsystem kann der nachfolgend dargestellten Übersicht entnommen werden.

Feld 1 (blau) ohne Moosbewuchs			Feld 3 (gelb) mit Substrat ab dem 18.04.2019:		
Sensor:	Bezeichnung:	Anordnung:	Sensor:	Bezeichnung:	Anordnung:
1	kstempt01	Bohrloch 1 cm	7	kstempt07	Bohrloch 1 cm
2	kstempt02	Bohrloch 1 cm	8	kstempt08	Bohrloch 1 cm
3	kstempt03	liegend auf Oberfläche	9	kstempt09	liegend auf Oberfläche
Feld 2 (rot) mit Moosbewuchs:			Umgebungs-klima:		
Sensor:	Bezeichnung:	Anordnung:	Sensor:	Bezeichnung:	Anordnung:
4	kstempt04	Bohrloch 1 cm unter Moos	-	ksbmet01	geschützt an der Mauerseite
5	kstempt05	Bohrloch 1 cm unter Moos			
6	kstempt06	liegend unter Moos			



Abb. 13: Darstellung des dritten Monitoringsystems, nach der Beschädigung einiger Temperatursensoren durch die Einwirkung von Feuchtigkeit und Frost wurden alle Sensoren gegen ein deutlich widerstandsfähigeres Modell ausgetauscht.



Abb. 14: Im ersten Feld (links, blaue Markierung), sind die Temperatursensoren 1, 2 und 3 eingesetzt, auf dem Messbereich befindet sich kein Moos, der Messaufbau gleicht dem Aufbau des zweiten Monitoringsystems.



Abb. 15: Im zweiten Feld (mittig, rote Markierung), sind die Temperatursensoren 4, 5 und 6 eingesetzt, auf dem Messbereich befindet sich Moos, der Messaufbau gleicht dem Aufbau des zweiten Monitoringsystems.



Abb. 16: Detailaufnahme des zweiten Feldes, der Sensoren, die im Moos montiert sind.



Abb. 17: Detailaufnahme des zweiten Feldes, der Sensoren 4 und 5, die in das Moos gesteckt sind.



Abb. 18: Im dritten Feld (rechts, gelbe Markierung), sind die Temperatursensoren 7, 8 und 9 eingesetzt, auf dem Messbereich befindet sich kein Moos, ab dem 18.04.2019 befindet sich in diesem Feld das Substrat, der Messaufbau gleicht dem Aufbau des zweiten Monitoringsystems.



Abb. 19: Darstellung der Mauerkrone im Bereich des Messaufbaus im Mai 2020, es ist ein deutlicher Bewuchs durch eine Brombeerhecke festzustellen.



Abb. 20: Darstellung der Mauerkrone im zweiten Feld (mittig, rote Markierung in Abb. 8) am 04.07.2020, das Moos hat sich abgelöst, Sensor 6 auf der Oberfläche liegt vollständig frei, die gesteckten Sensoren 4 und 5 sind ebenfalls deutlich freigelegt.



Abb. 21: Detailaufnahme des abgelösten Moooses von der Oberfläche der Mauerkrone.

Störeinflüsse und mögliche Messfehler

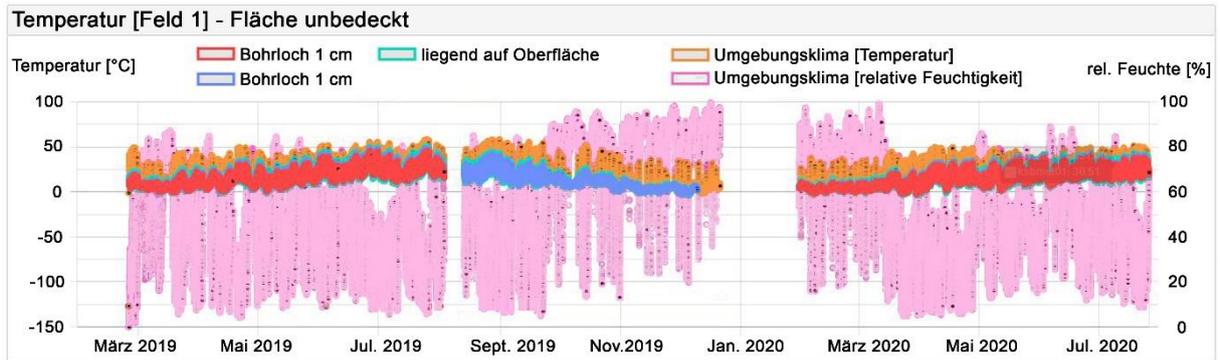
Die eingesetzten Temperaturmessfühler bestehen aus einem DS18B20-Sensorelement, das in einem filigranen Metallgehäuse eingegossen ist (Abdichtung). Der Temperaturbereich wird mit -55 °C bis 125 °C bei einer Genauigkeit von $\pm 0,5\text{ °C}$ angegeben. Bei Testmessungen in einem einheitlichen Klima unterscheiden sich die Messergebnisse der Temperaturmessfühler um nicht mehr als $0,2\text{ °C}$. Es ist davon auszugehen, dass der größte Messfehler durch die Wärmeleitung über das Kabel zur Datenerfassung verursacht wird. Besonders kann hier die Erwärmung der Kabel und Weiterleitung in das

Bohrloch durch direkte Sonneneinstrahlung zu einer größeren Abweichung führen. Da die Mauerkrone der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist und eine Messung der horizontalen Oberfläche der Mauerkrone durchgeführt werden soll, ist dieser Einfluss nicht zu verhindern. Der Einfluss liegt für alle drei Felder in gleichem Maße vor. Somit erscheint der Vergleich der drei unterschiedlich beschaffenen Felder trotzdem plausibel.

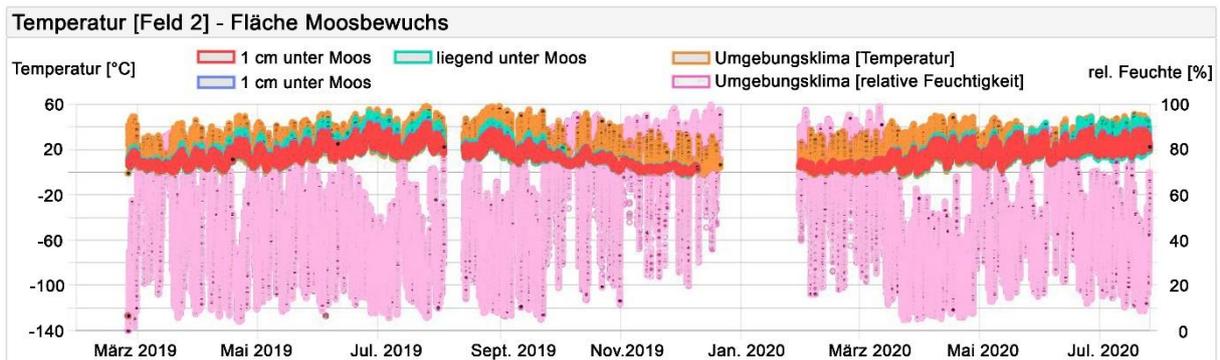
Über die gesamte Länge des Monitorings haben sich auch die Mauerkrone sowie die Umgebung verändert. So ist im Frühjahr 2020 die Brombeerhecke vor der Mauerkrone stark gewachsen und hat begonnen die Mauerkrone zu überwachsen (siehe Abbildung 19). Hierdurch kann eine stärkere Verschattung, ein Schutz vor der Witterung sowie ein Dämmeffekt eintreten. Daher wurde die Hecke bei einem Überprüfungstermin zurückgeschnitten. Das im April 2019 auf die Mauerkrone in Feld 3 aufgebraachte Substrat hat sich stark abgelöst und ist nur noch geringfügig im Bereich der Temperatursensoren in Feld 3 vorhanden. Dies kann im Vergleich der Abbildungen 7, 12 und 18 nachvollzogen werden. Bei dem Kontrolltermin Anfang Juli 2020 wurde festgestellt, dass sich das Moos im Bereich der Temperatursensoren von Feld 2 stark abgelöst hat und alle drei Sensoren nun freiliegen. Dies wurde in den Abbildungen 20 und 21 festgehalten. Ein Vergleich mit den Abbildungen 16 und 17 zeigt den deutlichen Unterschied. Bei den nachfolgenden Betrachtungen der Messergebnisse wird hierauf noch genauer eingegangen.

Überblick über die Messergebnisse

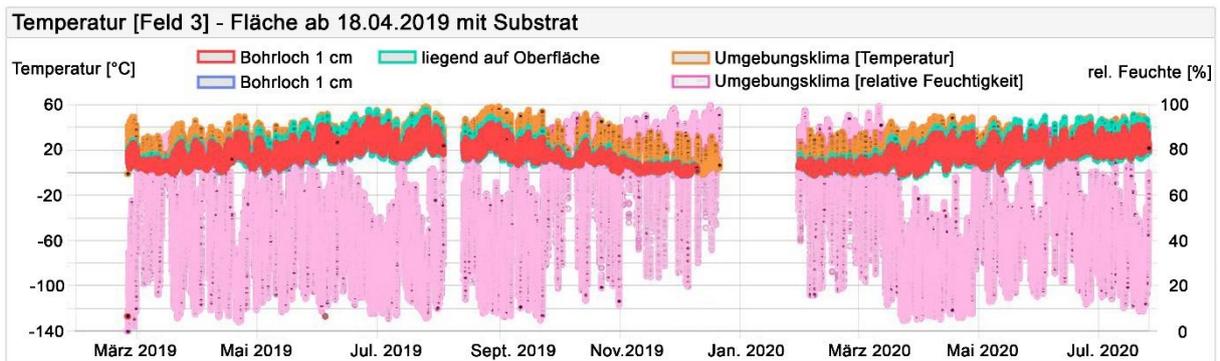
Die Auswertung erfolgt mit Hilfe der dargestellten Diagramme. Wie bereits anhand der Übersicht von Diagramm A, B und C zu erkennen ist, kann aus einer Darstellung aller Messwerte über den gesamten Zeitraum keine genauere Aussage getroffen werden. Daher werden die Messdaten in den folgenden Diagrammen nach Feldern (ohne/mit Moos oder Substrat) und in kleinere Zeitabschnitte unterteilt. Die Auswahl der repräsentativen Zeiträume für die Detailbetrachtung erfolgt nach genauer Untersuchung aller Messergebnisse. In den drei Diagrammen zur Übersicht wird auch das Umgebungsklima (Lufttemperatur und -feuchtigkeit) dargestellt. Besonders auffallend sind die beiden Ausfälle der Datenaufnahme, die zuvor bereits beschrieben wurden.



Diagr. A: Übersicht über den Gesamtmesstzeitraum der Temperatursensoren 1, 2 und 3 (1. Feld).



Diagr. B: Übersicht über den Gesamtmesstzeitraum der Temperatursensoren 4, 5 und 6 (2. Feld).



Diagr. C: Übersicht über den Gesamtmesstzeitraum der Temperatursensoren 7, 8 und 9 (3. Feld).

Untersuchung der einzelnen Felder (Diagramm D bis Diagramm F)

Grundsätzlich ist in allen drei Feldern zu erkennen, dass die Sensoren, die auf der Oberfläche aufliegen (Sensoren 3, 6 und 9), größeren Schwankungen ausgesetzt sind und sich sehr schnell an das Umgebungsklima angleichen. Im Vergleich zwischen keiner Beschichtung, Moos und Substrat ist zu erkennen, dass der Temperaturunterschied zwischen den aufliegenden und den gesteckten Sensoren im Feld mit Moos am größten und im Feld ohne Beschichtung am geringsten ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine Beschichtung auf der Oberfläche zum einen die direkte Sonneneinstrahlung auf die Mauerkrone verhindert und zum ande-

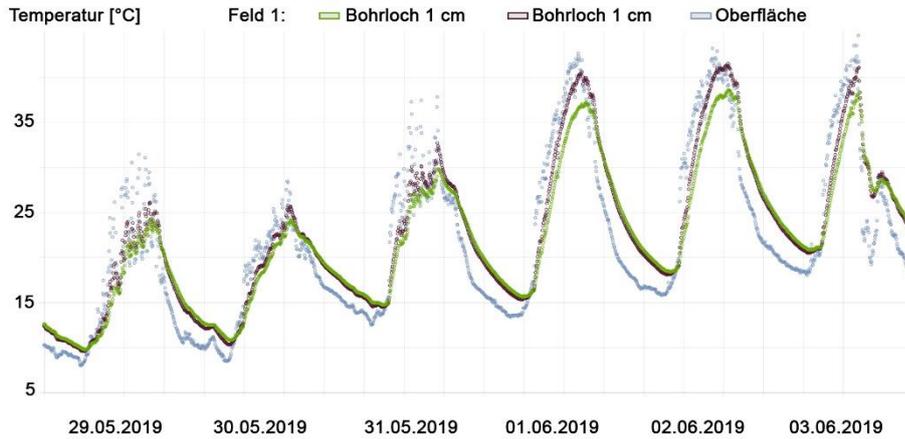
ren eine dämmende Wirkung im Abkühlprozess haben kann.

Vergleich der Felder untereinander (Diagramm G bis Diagramm K)

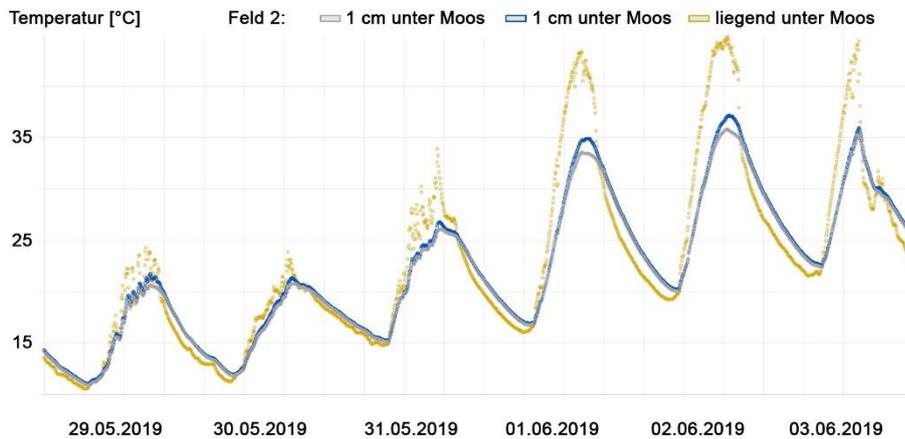
Im Vergleich zwischen drei Sensoren im Bohrloch der drei unterschiedlichen Felder (Sensor 1 oder 2 in Feld 1 ohne Beschichtung, Sensor 4 oder 5 in Feld 2 mit Moos und Sensor 7 oder 8 in Feld 3 mit Substrat) ist sowohl in einer Aufheizphase als auch in einer Abkühlphase im April und Mai kein bzw. nur ein sehr geringer Unterschied zwischen dem Feld ohne Beschichtung und dem Feld mit Substrat zu sehen. Das Feld mit Moos erwärmt sich weniger und kühlt langsamer ab. Die Temperaturdifferenz

zwischen dem Feld mit Moosschicht und der Mauerkrone ohne Beschichtung beträgt 2 °C bis 3 °C. Der beschriebene Effekt ist in Diagramm G und H zu erkennen. Die Diagramme I bis K zeigen ebenfalls Vergleiche von Zeitausschnitten der Sensoren im Bohrloch der verschiedenen Felder. Besonders Diagramm I zeigt deutlich, dass größere Schwankungen zwischen den verschiedenen Feldern auftreten können. Während hier in Diagramm I die

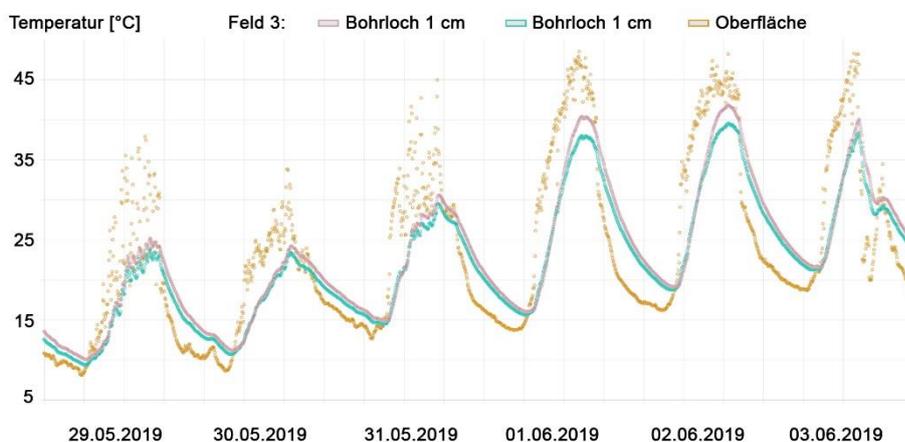
Temperaturdifferenz zwischen dem Feld mit Substrat (Feld 3, Sensor 7) und dem Feld mit Moosschicht (Feld 2, Sensor 4) sehr groß erscheint, fällt sie in Diagramm J bei einem Vergleich der Sensoren 8 (Feld 3) und 5 (Feld 2) deutlich geringer aus. Das gleiche Bild ergibt sich auch bei kalten Außentemperaturen unter 0 °C wie in Diagramm K dargestellt.



Diagr. D:
Detailbetrachtung der Sensoren in Feld 1 (ohne Moos) über den Messzeitraum vom 29.05.2019 bis zum 03.06.2019.

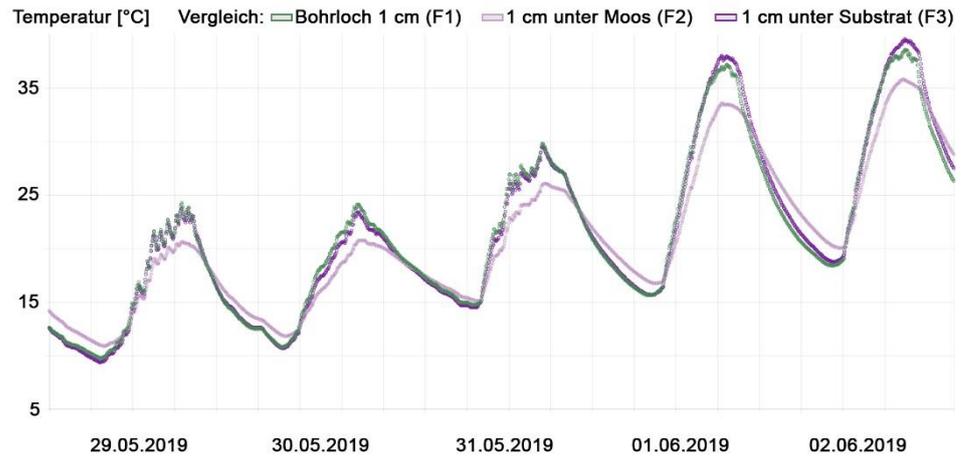


Diagr. E:
Detailbetrachtung der Sensoren in Feld 2 (mit Moos) über den Messzeitraum vom 29.05.2019 bis zum 03.06.2019.

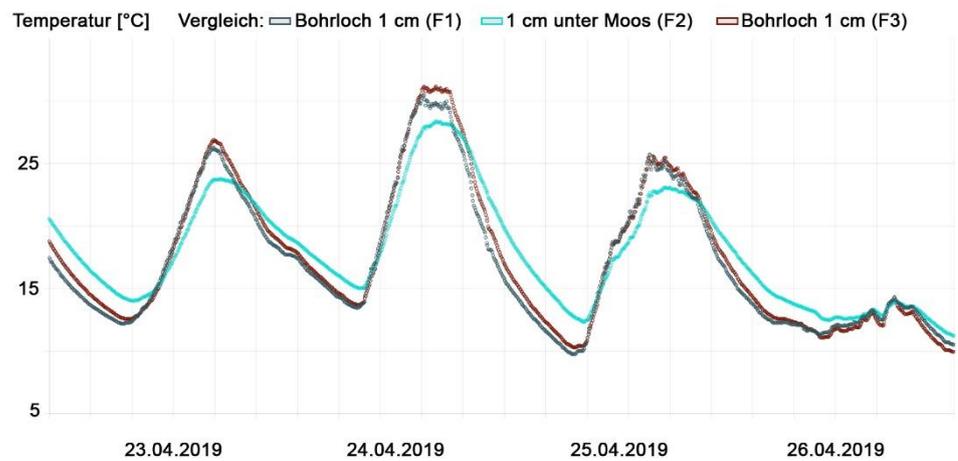


Diagr. F:
Detailbetrachtung der Sensoren in Feld 3 (mit Substrat) über den Messzeitraum vom 29.05.2019 bis zum 03.06.2019.

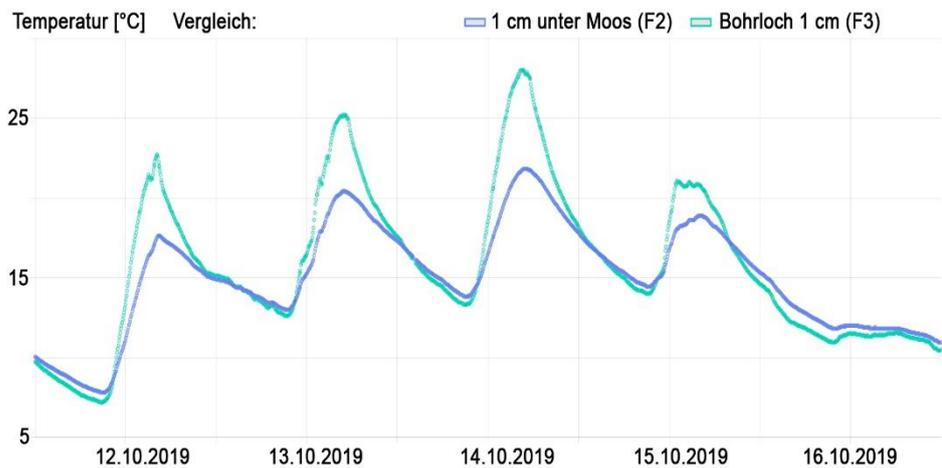
Diagr. G:
Vergleich der
Sensoren
1, 4 und 8 im Detail
vom 29.05.2019 bis
zum 03.06.2019.

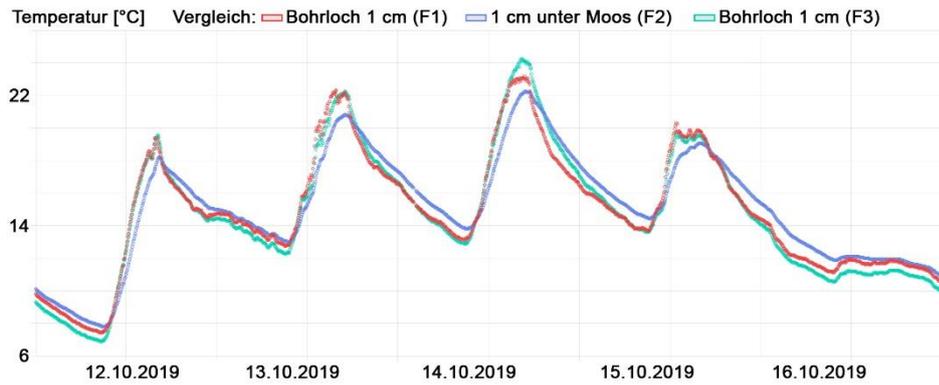


Diagr. H:
Vergleich der
Sensoren
1, 4 und 8 im Detail
vom 23.04.2019 bis
zum 27.04.2019.

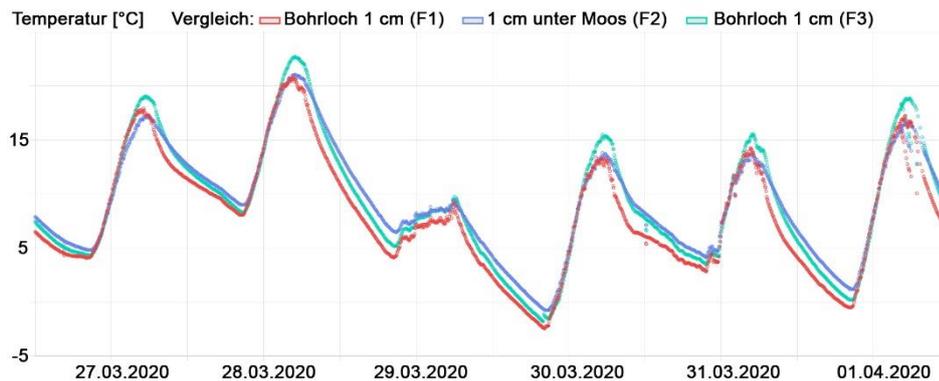


Diagr. I:
Detailbetrachtung
Sensor 4 in Feld 2
(Moos) und Sensor 7
in Feld 3 (Substrat)
über den
Messzeitraum vom
12.10.2019 bis
zum 16.10.2019.





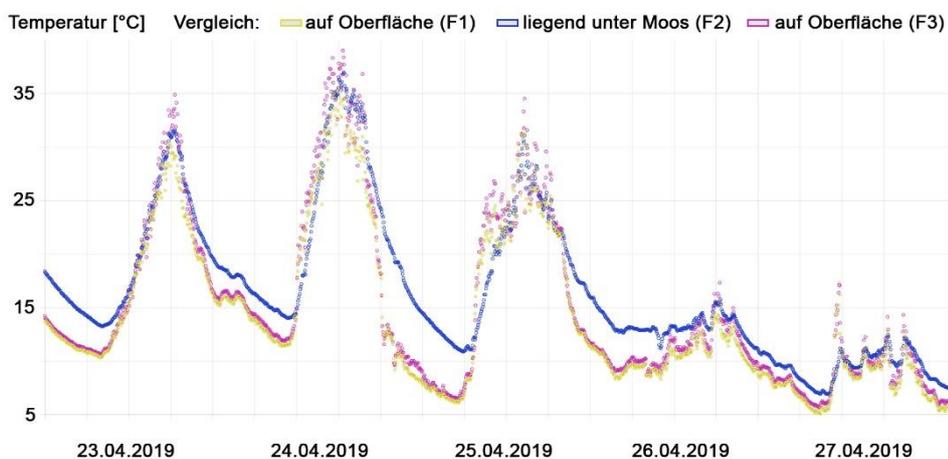
Diagr. J:
Detailbetrachtung
Sensor 2 in Feld 1
(frei), Sensor 5 in Feld
2 (Moos) und Sensor 8
in Feld 3 (Substrat)
über den
Messzeitraum vom
12.10.2019 bis zum
16.10.2019.



Diagr. K:
Detailbetrachtung
Sensor 1 in Feld 1
(frei), Sensor 4 in Feld
2 (Moos) und Sensor 8
in Feld 3 (Substrat)
über den
Messzeitraum vom
27.03.2020 bis
01.04.2020,
Auswirkungen von
Frost auf die
Mauerkrone.

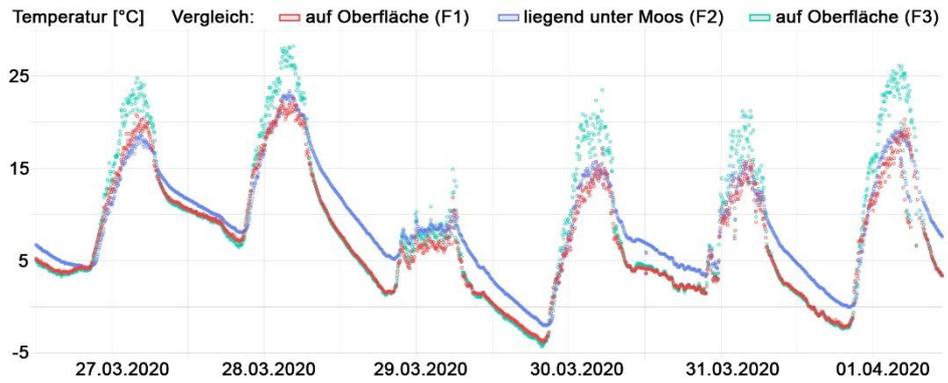
In den Diagrammen L bis P werden die drei aufliegenden Sensoren der drei verschiedenen Felder verglichen (Sensor 3, 6 und 9). Es ist dabei zu berücksichtigen, dass Sensor 6 (im Feld 2 mit Moosbeschichtung) nicht auf der Oberfläche der Mooschicht, sondern zwischen Moos und Mauerkrone liegt. Bei dem Vergleich wird deutlich, dass der Anstieg der Oberflächentemperatur durch die Sonneneinstrahlung und der Auskühlprozess in den Nachtstunden durch das Moos deutlich beeinflusst wird.

Exemplarisch ist dieser Effekt anhand der Diagramme L, M und N deutlich sichtbar. Hierbei werden verschiedene Zeiträume im Oktober, Mai und März dargestellt. In den beiden Detailbetrachtungen in Diagramm O und P wird ein Zeitpunkt im März 2020 genauer betrachtet, in dem Außentemperaturen unter 0 °C erreicht wurden. Auch hier ist der dämpfende, verzögernde Effekt der Mooschicht auf die Mauerkrone sichtbar.

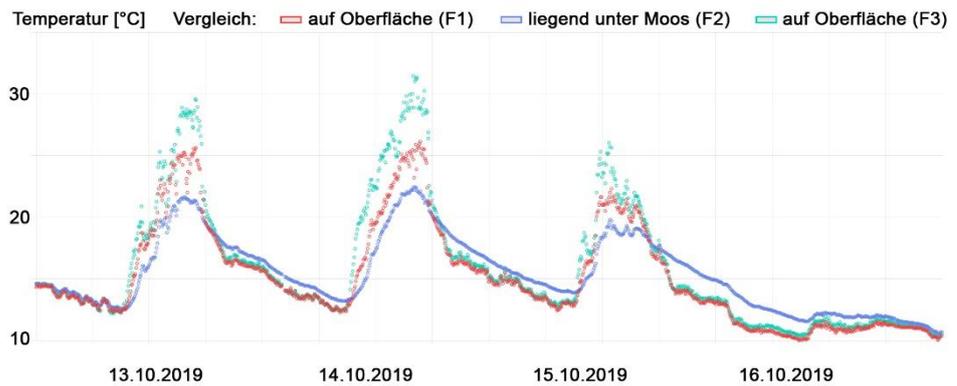


Diagr. L:
Detailbetrachtung
Sensor 3 in Feld 1 (frei),
Sensor 6 in Feld 2
(Moos) und Sensor 9 in
Feld 3 (Substrat) über
den Messzeitraum vom
23.04.2019 bis zum
27.04.2019.

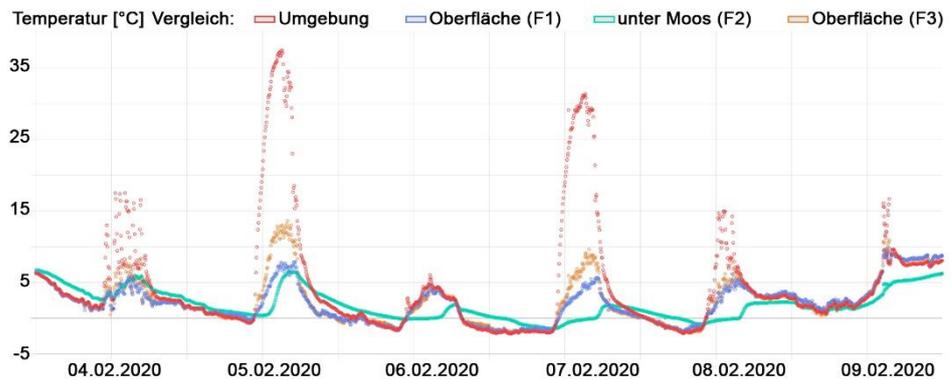
Diagr. M:
 Detailbetrachtung
 Sensor 3 in Feld 1 (frei),
 Sensor 6 in Feld 2
 (Moos) und Sensor 9 in
 Feld 3 (Substrat) über
 den Messzeitraum vom
 27.09.2020 bis zum
 01.04.2020.



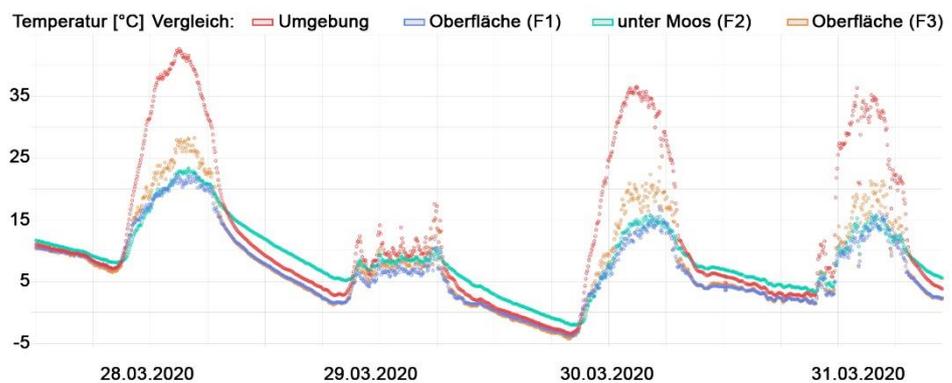
Diagr. N:
 Detailbetrachtung
 Sensor 3 in Feld 1 (frei),
 Sensor 6 in Feld 2
 (Moos) und Sensor 9 in
 Feld 3 (Substrat) über
 den Messzeitraum vom
 13.10.2020 bis zum
 16.10.2020.



Diagr. O:
 Detailbetrachtung
 Sensor 3 in Feld 1 (frei),
 Sensor 6 in Feld 2
 (Moos) und Sensor 9 in
 Feld 3 (Substrat) über
 den Messzeitraum vom
 04.02.2020 bis
 09.02.2020,
 Auswirkungen von Frost
 auf die Mauerkrone.



Diagr. P:
 Detailbetrachtung
 Sensor 3 in Feld 1 (frei),
 Sensor 6 in Feld 2
 (Moos) und Sensor 9 in
 Feld 3 (Substrat) über
 den Messzeitraum vom
 28.03.2020 bis
 31.03.2020,
 Auswirkungen von Frost
 auf die Mauerkrone.

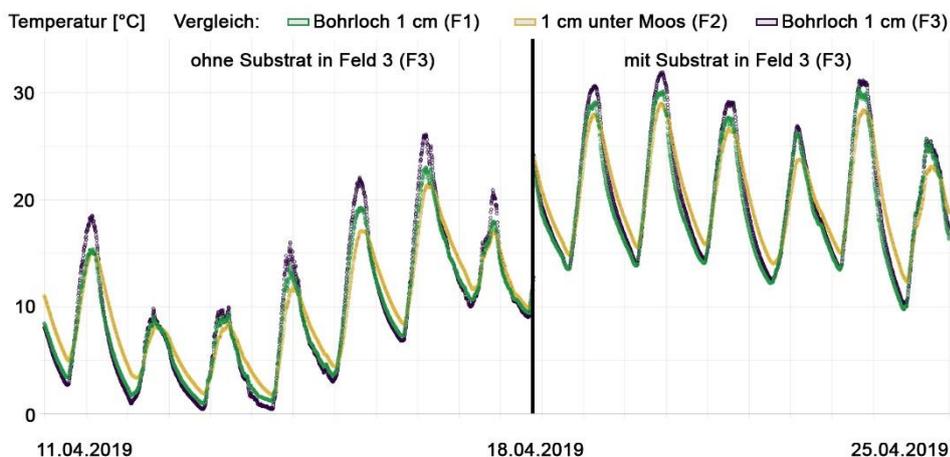


Vergleich vor und nach der Beschichtung von Feld 3 mit Substrat (Diagramm Q)

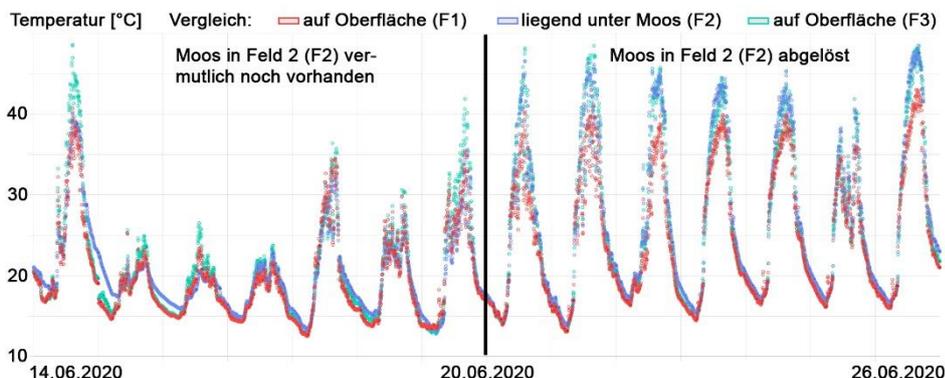
Es wird der Zeitraum vom 11.04.2019 bis zum 25.04.2019 betrachtet. Am 18.04.2019 wurde das Substrat auf dem Feld 3 aufgebracht. An diesem Tag kam es zu Ausfällen der Datenübertragung, da wahrscheinlich der GSM-Empfang gestört war (Personen vor der Antenne). Die Messungen vor und nach der Beschichtung zeigen keine signifikante Veränderung der Temperaturen. Dies ist in Diagramm Q ersichtlich. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass das Substrat feucht aufgebracht wird und erst antrocknen muss. Über den gesamten Messzeitraum ist keine positive Auswirkung der Beschichtung mit einem Substrat messtechnisch festzustellen. Eine abschließende Beurteilung ist mit den vorliegenden Versuchen nicht möglich, da sich das aufgebrachte Substrat in einem kurzen Abstand von der Mauerkrone gelöst hat. Ebenfalls sind größere Probeflächen anzulegen, die genauer untersucht werden können.

Einfluss der Moosschicht in Feld 2 (Diagramm R)

In dem Zeitraum zwischen einem Kontrolltermin am 30.05.2020 und der Besichtigung 04.07.2020 muss sich die sehr trocken gewordene Moosschicht im Bereich von Feld 2 von der Mauerkrone abgelöst haben. Dadurch liegen die Temperatursensoren nun frei, wie in Feld 1 und Feld 3. Die Oberfläche ist in den Abbildungen 20 und 21 dargestellt. In Diagramm R ist eine stärkere Veränderung des Oberflächensensors 6 in Feld 2 (ehemals unter Moosschicht) im Vergleich zu den Sensoren in Feld 1 und Feld 3 zu erkennen. Ab dem 20.06.2020 steigen die Tageshöchstwerte der Oberflächentemperatur stark an. Der Anstieg beträgt bis zu 10 °C. Dies führt zu der Vermutung, dass sich die Moosschicht zu diesem Zeitpunkt abgelöst hat und dadurch die Sonneneinstrahlung zu einer stärkeren Erwärmung des Abschnitts der Mauerkrone führt. Damit ergibt sich ein weiterer, deutlicher Hinweis auf die Beeinflussung der Oberflächentemperatur der Mauerkrone durch die Moosschicht.



Diagr. Q: Detailbetrachtung Sensor 1 in Feld 1 (frei), Sensor 4 in Feld 2 (Moos) und Sensor 8 in Feld 3 (Substrat) über den Messzeitraum vom 11.04.2019 bis 25.04.2019, Auswirkungen des Substrats.



Diagr. R: Detailbetrachtung Sensor 3 in Feld 1 (frei), Sensor 6 in Feld 2 (Moos) und Sensor 9 in Feld 3 (Substrat) über den Messzeitraum vom 14.06.2020 bis 26.06.2020, Veränderung der Moosoberfläche in Feld 2.

Zusammenfassung

Die zu Beginn durchgeführte hygrometrische Feuchte- und Temperaturmessung mittels Messlanzen ergab eine sehr hohe Feuchtigkeit in der Mauerkrone. Dies zeigte sich bereits direkt nach dem Einbau, obwohl zuvor im Sommer 2018 hohe Temperaturen mit sehr wenigen Regenereignissen vorlagen. Da die Messung der relativen Feuchtigkeit im Bohrloch konstant 100 % ergab, wurde der Messaufbau nach wenigen Monaten durch widerstandsfähigere Temperatursensoren ausgetauscht und die Feuchtigkeit wurde nicht weiter erfasst.

Das Langzeitmonitoring der Temperaturentwicklung der Mauerkrone unter verschiedenen Einflüssen hat gezeigt, dass sich eine natürliche Moosschicht dämpfend auf die Temperaturschwankungen auswirkt. Dies gilt für den Temperaturanstieg und die Höchsttemperaturen durch direkte Sonneneinstrahlung am Tag sowie für den Temperaturabfall und die niedrigsten Temperaturen in der Nacht. Der Effekt ist sowohl bei hohen Temperaturen über 30 °C im Sommer als auch bei niedrigen Temperaturen unter 0 °C im Winter festzustellen. Es wird vermutet, dass der Feuchtegehalt des Moores einen zusätzlichen Einfluss auf die dämmende Wirkung sowie die Wärmespeicherkapazität der Moosschicht hat. Ein eindeutiger Zusammenhang zwi-

schen dem Feuchtegehalt der Moosschicht und der Temperaturentwicklung der Mauerkrone konnte mit dem gewählten Messaufbau nicht genauer ermittelt werden.

Ob oder inwieweit eine Beschichtung aus Substrat eine ähnliche Auswirkung haben kann, muss durch weitere Versuche mit unterschiedlichen Substratmischungen untersucht werden. Die bisherigen Messergebnisse in einem der drei Felder mit einer nachträglich aufgetragenen Substratbeschichtung haben keinen erkennbaren Einfluss gezeigt. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Beschichtung sich nach kürzerer Zeit bereits von der Mauerkrone abgelöst hat.

Ebenfalls nur sehr schwer einzuschätzen ist bisher die Größenordnung der Dämpfung der Temperatur in der Mauerkrone unter der Moosschicht, da durch die eingesetzten Messfühler und deren Verkabelung eine größere Wärmeleitung über die Kupferadern in den Kabeln erfolgt. Dies hat zur Folge, dass sich der Temperatursensor schneller an das Umgebungsklima angleicht. Es wird vermutet, dass sich dieser Effekt am stärksten auf das Feld auswirkt, das mit Moos bedeckt ist und dass daher die tatsächliche Dämpfung der Temperaturschwankungen in der Mauerkrone durch die Moosschicht noch größer ausfallen könnte.

Dietmar Teuber

Burgpflegewerk Burg Königstein – Beitrag Gefäßpflanzen, Flechten und Moose

1 Einleitung

Im Rahmen der Erstellung des Burgpflegewerkes für die Burg Königstein im Taunus sind auch naturschutzfachliche Aspekte von Interesse. Vorherige faunistische und floristische Untersuchungen von Teilbereichen der Burg erfolgten durch FEHLOW et al. (2013). Über die Bedeutung von Burgen und Burgruinen, Stadtmauern, Trockenmauern, Friedhöfen und anderen historischen Gebäuden und Bauwerken als Lebensraum für Gefäßpflanzen, Flechten und Moosen gibt es eine umfangreiche Literatur.

Zu Gefäßpflanzen finden sich Angaben beispielsweise bei BRANDES (1987, 1992, 1996), DEHNEN-SCHMUTZ (2000), HOHLA (2009), HÜBL & SCHARFETTER (2008) und STOLZ (2013).

Zu Flechten und Moosen finden sich beispielsweise Angaben bei ARINO & al. (1995), DREWELLO & DREWELLO (2009) und WIRTH (2002).

Zwischen Frühjahr 2017 und Herbst 2019 erfolgte im Verlauf mehrerer Begehungen die Erfassung der Gefäßpflanzen, Flechten und Moose. Manche Bereiche zeichnen sich durch großen Artenreichtum oder durch das Vorkommen besonderer Arten aus. Diese Bereiche wurden kartographisch abgegrenzt und sollen bei der Sanierung besonders berücksichtigt und geschont werden.

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass Flechten und Moose eine Mikroflora mit konservierenden Eigenschaften auf historischem Mauerwerk ausbilden können (DREWELLO & DREWELLO 2009). Vor diesem Hintergrund wurden nach Anlage von Musterflächen zur Sanierung der Mauerkronen auf der Spitzen Bastion der Burg Königstein unterschiedliche Versuche zur Ansiedlung von Moosen und Gefäßpflanzen im Bereich von Mauerkronen unternommen. Diese unterschiedlichen Versuche und die Ergebnisse werden vorgestellt.

2 Untersuchungsgebiet und Untersuchungsmethode

Die Burg Königstein liegt auf einem exponierten Grünschieferfelsen (Rosseret-Metaandesit, Oberordovizium) oberhalb der Stadt Königstein auf einer Höhe von etwa 430 m ü. NN. Naturräumlich wird das Gebiet zum Vortaunus gerechnet (KLAUSING 1988). Die Burg grenzt im Osten an den bebauten Stadtbereich. Die steilen, nach Norden, Westen und Süden abfallenden Hänge sind mit Laubwald bestockt.

Die Gefäßpflanzen, Flechten und Moose wurden zwischen Frühjahr 2017 und Herbst 2019 im Verlaufe mehrerer Begehungen erfasst. Besonders für die Erfassung der Gefäßpflanzen und mancher Moosarten ist die Begehung zu unterschiedlichen Jahreszeiten nötig. Manche kurzlebigen Gefäßpflanzen verschwinden mit Beginn der trockenen Jahreszeit, manche Gräser entwickeln sich erst im Verlaufe des Frühsommers, manche Moose bilden erst im Herbst Kapseln aus und sind erst dann sicher zu bestimmen. Nicht vor Ort bestimmbare Gefäßpflanzen, Flechten oder Moose wurden entnommen und im Labor genauer untersucht. Von einigen Flechten und Moosen wurden Herbarbelege angefertigt.

Begehungen erfolgten an folgenden Terminen: 20. März, 9. Juni 2017, 12. April, 6. Mai 2018, 29. März und 13. August 2019.

3 Ergebnisse der Erfassung der Gefäßpflanzen, Flechten und Moose

Im Verlaufe der Begehungen wurden insgesamt 169 Gefäßpflanzenarten, 82 Flechtenarten und 40 Moosarten, davon 1 Lebermoos und 39 Laubmoose notiert. Eine Auflistung aller festgestellten Arten findet sich im Anhang in den Tabellen 4, 5 und 6. Eine Übersicht zum Status und der Anzahl gefährdeter Arten gibt die folgende Tabelle.

Tab. 1: Anzahl der nachgewiesenen Gefäßpflanzen-, Flechten- und Moosarten und ihre Gefährdung in Deutschland (D), Hessen (He) und in der Region Hessen Nordwest (NW).

Gefährdungskategorien	Gefäßpflanzen			Flechten		Moose	
	D	He	NW	D	He	D	He
2 - stark gefährdet	-	-	-	-	2	-	-
3 - gefährdet	1	1	2	1	8	-	4
V - zurückgehend	3	-	-	3	-	-	3
G - Gefährdung anzunehmen	-	-	-	1	-	-	-
D - Daten unzureichend	1	-	-	1	2	-	-
* - nicht gefährdet	152	151	147	74	67	40	33
◆ - nicht bewertet	8	-	-	-	-	-	-
- - nicht genannt	-	2	2	2	3	-	-
T - Sippe mit Etablierungstendenz	-	-	5	-	-	-	-
N - Neophyt	-	-	-	-	-	-	-
E - etablierter Neophyt	-	7	5	-	-	-	-
K - Kulturrelikt	4	4	4	-	-	-	-
u - unbeständige Sippe	-	-	-	-	-	-	-
Gesamtzahl	169			82		40	

Mit 169 Arten ist die Zahl der nachgewiesenen Gefäßpflanzenarten auf einer kleinen Fläche von etwa 2,5 ha recht hoch. Ein Grund dafür ist die Standortvielfalt. Es gibt besonnte und schattige Bereiche, frische und trockene Standorte, regelmäßig gemähte Zierrasenflächen und Ruderalfluren, anstehende Felsen und flachgründig-grusige Stellen, Mauern mit Fugen.

Typisch für solche Orte im besiedelten Bereich ist der hohe Anteil häufiger, weit verbreiteter, mehr oder weniger nährstoffliebender Pflanzenarten frischer Standorte wie beispielsweise Giersch (*Aegopodium podagraria*), Lauchhederich (*Alliaria petiolata*), Gewöhnliches Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), Gewöhnliche Kratzdistel (*Cirsium vulgare*), Echter Rotschwingel (*Festuca rubra*), Gundelrebe (*Glechoma hederacea*), Echte Nelkwurzel (*Geum urbanum*), Gewöhnliches Klebkraut (*Galium aparine*), Kompass-Lattich (*Lactuca serriola*), Spitz-Wegerich (*Plantago lanceolata*), Kriechendes Fingerkraut (*Potentilla reptans*), Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*), Gemüse-Gänse-distel (*Sonchus oleraceus*) und Große Brennessel (*Urtica dioica*).

Typische Bewohner von alten Mauern und somit typisch für Burgen und Burgruinen sind die Farne Mauer-Raute (*Asplenium ruta-muraria*), Schwarzstieliger Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*), Zerbrechlicher Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*) und Gewöhnlicher Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*) und die Blütenpflanzen Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia*), Schöllkraut (*Chelidonium majus*), Stachelbeere (*Ribes uva-crispa*), Ruprechts-

kraut (*Geranium robertianum*), Gewöhnliches Habichtskraut (*Hieracium lachenalii*), Wald-Habichtskraut (*Hieracium murorum*), Kleines Habichtskraut (*Hieracium pilosella*), Flaches Rispengras (*Poa compressa*), Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*) und Felsen-Fetthenne (*Sedum rupestre*).

Daneben wurden einige Neophyten und Kulturrelikte sowohl unter den Kräutern als auch unter den Gehölzen notiert. Auch das ist typisch für den besiedelten Bereich. Das sind beispielsweise Großes Löwenmaul (*Antirrhinum majus*), Stinkende Schwarznessel (*Ballota nigra ssp. foetida*), Gänsemalve (*Malva neglecta*), Gewöhnlicher Wilder Wein (*Parthenocissus inserta*), Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*), Schneebeere (*Symphoricarpos albus*), Gewöhnlicher Flieder (*Syringia vulgaris*) und Eibe (*Taxus baccata*). Bemerkenswert sind die großen Bestände der Dickblättrigen Fetthenne (*Sedum dasyphyllum*) im Bereich des Torweges. Diese Vorkommen sind schon seit langem bekannt (BAUMANN 1993, MORDHORST 1959). Die Art ist in Hessen nicht einheimisch und wird als etablierter Neophyt angesehen.

Flechten und Moose wachsen im Untersuchungsgebiet an den Mauern der Burg an unterschiedlichen Gesteinssubstraten wie Mörtel, verbauten Grünschiefer-, Quarz- und Grauwackefelsen, Beton, auf Erde an flachgründigen und besonnten Stellen, epiphytisch an der Rinde von Bäumen und Sträuchern. Moose und besonders Flechten zeichnen sich durch ihre Langlebigkeit und ihr langsames Wachstum aus. Für sie ist einerseits die fehlende Konkurrenz durch Gefäßpflanzen und andererseits

die Habitatkontinuität von Bedeutung. Unter Habitatkontinuität versteht man die Konstanz der ökologischen Gegebenheiten und die Konstanz bzw. das Alter des besiedelten Substrates.

Bei den 83 nachgewiesenen Flechtenarten handelt es sich überwiegend um häufige und weit verbreitete Arten. Wie nicht anders zu erwarten, sind darunter viele mehr oder weniger nährstoffliebende Arten von anthropogenen Gesteinssubstraten. Bemerkenswert sind die Nachweise von *Botryolepraria lesdainii*, *Caloplaca limonia* und *Endocarpon adsurgens*. Diese Arten wurden erst jüngst beschrieben bzw. in Deutschland erstmals gefunden, über ihre tatsächliche Verbreitung ist wenig bekannt. Typische Arten von alten Mauern an Burgen oder Burg ruinen sind die Flechten *Caloplaca chlorina*, *Collema fuscovirens*, *Diploicia canescens*, *Placopyrenium fuscillum* und *Xanthomendoza fallax*.

Auch die 40 nachgewiesene Moose sind überwiegend häufige und im besiedelten Bereich teils allgegenwärtige Arten wie *Barbula unguiculata*, *Brachythecium rutabulum*, *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*, *Grimmia pulvinata*, *Orthotrichum anomalum* und *Tortula muralis*. Es sind nur wenige Arten gefährdet oder in der Vorwarnliste aufgeführt. Bemerkenswert sind Nachweise von *Cirriphyllum crassinervium* und *Rhynchostegiella tenella*. *Cirriphyllum crassinervium* wächst an schattigen, kalkhaltigen Gesteinen, meist an sickerfeuchten Stellen, vor allem in edellaubholzreichen Hang- und Schluchtwäldern. Außerhalb der Kalkgebiete findet man sie sekundär an alten Mauern von Burgen und an Uferbefestigungen von Flüssen und Kanälen. *Rhynchostegiella tenella* ist eine sehr unscheinbare Art, die unter Überhängen sowie in Spalten und Höhlungen wächst, die nicht direkt vom Regenwasser getroffen werden. Sie kommt in felsdurchsetzten naturnahen Hangwäldern vor, daneben auch sekundär an Mauern und alten Burgen.

Insgesamt wurde 291 Gefäßpflanzen, Flechten- und Moosarten nachgewiesen. Das ist für die Fläche der Burgruine eine recht hohe Zahl. Auf Wiesen oder Ackerflächen vergleichbarer Größe wird man nur einen Bruchteil der Pflanzenarten nachweisen können. Es handelt sich bei den nachgewiesenen Arten jedoch überwiegend um häufige und weit verbreitete Arten, was bei dem vorhandenem Standort spektrum auch nicht anders zu erwarten wäre.

4 Schützenswerte und zu schonende Bereiche

Nach Erfassung des Arteninventars Gefäßpflanzen, Flechten und Moose wurden kartographisch Bereiche abgegrenzt, die sich durch Artenreichtum oder das Vorkommen von besonderen Pflanzenarten auszeichnen. Eine Kartenskizze dazu findet sich im Anhang (Abb. 10). Im Folgenden werden kurze Erläuterungen zu diesen Bereichen gegeben.

A Anstehender Grünschieferfelsen am Rondell mit artenreicher Flechten- und Moosvegetation mit mehreren typischen Flechtenarten, v. a. *Lobothallia radiosa*, *Xanthoria calcicola* und *Xanthomendoza fallax*.

B Anstehende Grünschieferfelsen und flachgründige Bereiche am Inneren Burgaufgang mit verschiedenen Frühjahrstherophyten und einer Löwenzahnart aus der Artengruppe der Rotfrüchtigen Löwenzähne (*Taraxacum* sect. *Erythrosperma*) und zwar der Geschlitztblättrige Löwenzahn (*Taraxacum lacistophyllum*).

C Kleiner anstehender Felsen mit Flechtenvegetation am Inneren Burgaufgang, bemerkenswert ist die Krustenflechte *Placopyrenium fuscillum*.

D Durchgang im Torweg mit großen Beständen vom Zerbrechlichen Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*) und der Dickblättrigen Fetthenne (*Sedum dasyphyllum*) sowie Vorkommen weiter typischer Mauerpflanzen wie Braunstieliger Streifenfarn (*Asplenium trichomanes*), Mauerraute (*Asplenium ruta-muraria*), Ruprechtskraut (*Geranium robertinaum*) und den Flechten *Botryolepraria lesdainii*, *Collema fuscovirens* und *Verrucaria pratermissa* und dem unscheinbaren Moos *Rhynchostegiella tenella*.

E Anstehende Schieferfelsen und flachgründige Bereiche zwischen Unterer Festwiese und Aufgang zum Burghof mit verschiedenen Frühjahrstherophyten, u. a. Stängelumfassendes Hellerkraut (*Microthlaspi perfoliatum*) und artenreicher Flechten- und Moosvegetation mit *Collema fuscovirens*, *Diploicia canescens*, *Endocarpon adsurgens*, *Leptogium gelatinosum* u. a.

F Äußere Burgmauer zwischen Großem Zwinger und Äußerem Rondell mit großem Bestand vom Schwarzstieligen Strichfarn (*Asplenium trichomanes*) und Einzelvorkommen vom Gewöhnlichen Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*), einer weiteren typischen Mauerpflanze. Die Mauerkrone ist dicht mit

Flechten bewachsen, was erst bei genauerem Hinsehen deutlich wird.

G Anstehender Schieferfelsen am Turm mit artenreicher Flechten- und Moosvegetation mit den Flechten *Candelariella medians* und *Xanthoria calicicola*.

H Zwei Eschen am Rande der Unteren Festwiese mit reichem Epiphytenbewuchs am Mittelstamm, u. a. mit den seltenen Flechten *Parmelina tiliacea* und *Physconia enteroxantha*.

I Südexponierte anstehende Schieferfelsen und flachgründige Bereiche, im Frühjahr therophytenreich, u. a. mit der Spurre (*Holosteum umbellatum*) und dem Geschlitzblättrigem Löwenzahn (*Taraxacum lacistophyllum*).

J Mauerkrone und Mauer aus Grauwacke-, Grünschiefer- und Quarzitsteinen um die Obere Festwiese mit einer artenreichen Flechten- und teils auch Moosvegetation mit hoher Deckung.

K Die steilen Hänge der Burg sind im Norden und Westen mit einem Schluchtwald bestockt. Die Baumschicht wird von Feldahorn (*Acer campestre*), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*) und Bergulme (*Ulmus glabra*) aufgebaut. Typische Arten in der Krautschicht sind Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), Aronstab (*Arum maculatum*), Gewöhnliches Hexenkraut (*Circea lutetiana*), Hohler Lärchensporn (*Corydalis cava*) und Scharbockskraut (*Ficaria verna*).

5 Botanische Aspekte der Mauerkronenbegrünung

Nach der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen, die mit verschiedenen Mörtelmischungen durchgeführt wurden, erfolgten unterschiedliche Varianten zur Ansiedlung von Gefäßpflanzen und Moosen. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse dieser Versuche werden in dem Beitrag von STRICKHAUSEN-BODE & STRICKHAUSEN (2020) ausführlich dargestellt. Weitere Informationen zur Begrünung von Flächen mit Moosen finden sich bei FRAHM (2014) und MARTIN (2015).

In Zusammenarbeit mit der Fa. Wildsaaten, Wieden & Guth GbR, wurden Pflanzenarten ausgewählt, die bereits auf der Burg vorkommen sowie solche, die für Dachbegrünungen allgemein verwendet werden und natürliche Vorkommen im Gebiet haben. Weitergehende Anforderungen waren:

- es sollten einheimische Arten sein,
- Blühaspekte sollten berücksichtigt werden,
- es sollten ausdauernde Arten darunter sein, die den Boden festhalten,
- es müssen Arten sein, die die extremen Standortverhältnisse gut ertragen,
- sofern möglich/verfügbar sollte autochtones Saatgut verwendet werden.

Das Saatgut wurde von der Fa. Rieger-Hofmann GmbH, In den Wildblumen 7, 74572 Blaufelden-Raboldshausen geliefert. In der Tabelle 2 sind die verwendeten Pflanzenarten sowie weitere geeignete Arten aufgelistet.

Tab. 2: Für die Begrünung der Mauerkronen geeignete Gefäßpflanzen.

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL HE	RL NW
1	<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesenschafgarbe	*	*
2	<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras	*	*
3	<i>Anthemis tinctoria</i>	Färber-Hundskamille	*	*
4	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Gewöhnliches Ruchgras	*	*
5	<i>Antirrhinum majus</i>	Großes Löwenmaul	-	-
6	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Quendelsandkraut	*	*
7	<i>Bromus hordeaceus</i>	Weiche Tresse	*	*
8	<i>Bromus sterilis</i>	Taube Tresse	*	*
9	<i>Bromus tectorum</i>	Dachtresse	*	*
10	<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume	*	*
11	<i>Cerastium glomeratum</i>	Käuelhornkraut	*	*
12	<i>Dianthus deltoides</i>	Heidenelke	V	V
13	<i>Diploxys tenuifolia</i>	Stinkkrauke	*	*
14	<i>Draba verna</i>	Frühlingshungerblümchen	*	*

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL HE	RL NW
15	<i>Echium vulgare</i>	Stolzer Heinrich	*	*
16	<i>Erodium cicutarium</i>	Gewöhnlicher Reiherschnabel	*	*
17	<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressenwolfsmilch	*	*
18	<i>Festuca ovina</i> s.l.	Artengruppe Schafschwingel	*	*
19	<i>Festuca rubra</i>	Rotschwingel	*	*
20	<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	*	*
21	<i>Geranium molle</i>	Weicher Storchschnabel	*	*
22	<i>Geranium pusillum</i>	Kleiner Storchschnabel	*	*
23	<i>Geum urbanum</i>	Echte Nelkwurz	*	*
24	<i>Hieracium lachenalii</i>	Gewöhnliches Habichtskraut	*	*
25	<i>Hieracium murorum</i>	Waldhabichtskraut	*	*
26	<i>Hieracium pilosella</i>	Mausohrhabichtskraut	*	*
27	<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras	*	*
28	<i>Hordeum murinum</i>	Mäusegerste	*	*
29	<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	*	*
30	<i>Inula conycae</i>	Dürrwurz	*	*
31	<i>Jasione montana</i>	Bergsandrapunzel	V	3
32	<i>Lactuca serriola</i>	Kompasslattich	*	*
33	<i>Leucanthemum vulgare</i> s.l.	Wiesenmargerite	*	*
34	<i>Linaria vulgaris</i>	Gewöhnliches Leinkraut	*	*
35	<i>Malva neglecta</i>	Gänsemalve	*	*
36	<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	*	*
37	<i>Origanum vulgare</i>	Gewöhnlicher Dost	*	*
38	<i>Petrorhagia prolifera</i>	Sprossende Felsennelke	*	V
39	<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine Pimpinell	*	*
40	<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich	*	*
41	<i>Plantago media</i>	Mittlerer Wegerich	*	*
42	<i>Poa angustifolia</i>	Schmalblättriges Rispengras	*	*
43	<i>Poa compressa</i>	Flaches Rispengras	*	*
44	<i>Poa nemoralis</i>	Hainrispengras	*	*
45	<i>Potentilla argentea</i>	Silberfingerkraut	*	*
46	<i>Potentilla neumanniana</i>	Frühlingsfingerkraut	*	*
47	<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Brunelle	*	*
48	<i>Ranunculus bulbosus</i>	Knolliger Hahnenfuß	*	*
49	<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei	*	*
50	<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder	*	*
51	<i>Sedum acre</i>	Scharfer Mauerpfeffer	*	*
52	<i>Sedum dasyphyllum</i>	Dickblättrige Fetthenne	E	T
53	<i>Sedum rupestre</i>	Felsenfetthenne	*	*
54	<i>Sedum sexangulare</i>	Milder Mauerpfeffer	*	*
55	<i>Silene nutans</i>	Nickendes Leimkraut	*	*
56	<i>Silene vulgaris</i>	Gewöhnlicher Taubenkropf	*	*
57	<i>Thymus pulegioides</i>	Feld-Thymian	*	*
58	<i>Valerianella locusta</i>	Echter Feldsalat	*	*
59	<i>Verbascum lychnitis</i>	Mehlige Königskerze	*	*
60	<i>Verbascum thapsus</i>	Kleinblütige Königskerze	*	*
61	<i>Veronica arvensis</i>	Feldehrenpreis	*	*

Für die Begrünung der Mauerkrone mit Moosen wurden ausdauernde, kalkliebende und gesteinsbewohnende Arten ausgewählt. Bisher gibt es dazu nur wenige Erfahrungen. Es sind häufige Arten, die an geeigneten Stellen gesammelt werden können. Viele der Arten kommen auch aktuell auf der Burg

Königstein vor. Es wurden 15 Arten ausgewählt, unter denen sich sicherlich manche als geeignet, andere als weniger geeignet erweisen werden. Zur Verdeutlichung ihres ökologischen Verhaltens sind die Zeigerwerte nach ELLENBERG für Licht (L), Temperatur (T), Feuchte (F) und Reaktion (R)

angegeben. Mit den Ziffern zwischen 1 und 9 wird das ökologische Verhalten der Arten gegenüber diesen Faktoren ausgedrückt, wobei 1 das geringste, 9 das größte Ausmaß des betreffenden Faktors bedeutet.

In einigen Versuchen wurden auch Moose verwendet, die von der Fa. ISATIS montana, Jakob-Reiser-Str. 41, 72574 Bad Urach geliefert wurden

Tab. 3: Für die Begrünung des Mauerkopfes geeignete Moose.

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	L	T	F	R
1	Amblystegium serpens	5	x	4	6
2	Anomodon viticulosus	4	3	4	8
3	Bryoerythrophyllum ferruginascens	4	4	6	8
4	Bryum argenteum	7	4	5	8
5	Ceratodon purpureus	9	6	2	8
6	Cirriphyllum crassinervium	4	5	5	8
7	Didymodon div. spec.	-	-	-	-
8	Encalypta streptocarpa	5	x	5	8
9	Grimmia pulvinata	8	5	1	7
10	Homalothecium sericeum	7	3	2	7
11	Orthotrichum anomalum	9	3	2	8
12	Orthotrichum diaphanum	8	6	2	6
13	Schistidium apocarpum s.l.	8	6	2	9
14	Tortula muralis	8	5	2	x
15	Tortula ruralis s.l.	9	x	2	6

Nach der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen, die mit verschiedenen Mörtelmischungen durchgeführt wurden, erfolgten unterschiedliche Varianten zur Ansiedlung von Gefäßpflanzen und Moosen. Die Vorgehensweise, die verwendeten Mörtelmischungen und Kleber und die Ergebnisse dieser Versuche werden in dem Beitrag von Strickhausen-Bode & Strickhausen ausführlich dargestellt. Darüber hinaus wurden insgesamt 22 kleine Untersuchungsflächen angelegt, auf denen die Entwicklung der Moose genauer erfasst wurde. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7 im Anhang dargestellt. Insgesamt wurden dabei 15 verschiedene Moosarten und eine Flechtenart festgestellt. Die Gesamtdeckung der Moose auf diesen Untersuchungsflächen liegt zwischen 0,2% und 50%. Dabei ist die Beschattung durch benachbarte Gehölze und die Zeitdauer seit der Begrünung von Bedeutung. Die häufigste Art und auch die Art mit der höchsten durchschnittlichen Deckung ist *Hypnum cupressiforme*. Darauf folgen die Arten *Tortula ruralis* s.l., *Ceratodon purpureus*, *Schistidium apocarpum* s.l., *Brachythecium rutabulum*, *Ptychostomum capillare*, *Homalothecium sericeum* und *Tortula muralis*. Weiterhin positiv auf die Ansiedlung von Moosen wirkt sich die Rauigkeit des Mörtels aus. Auf weitere Faktoren, die für die Ansiedlung von Moosen auf

den Mauerkronen von Bedeutung sind soll hier nicht eingegangen werden.

6 Literatur

- ARINO, X., ORTEGO-CALVO, J., GOMEZ-BOLEA, A., SATZ-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, Amsterdam.
- BAUMANN, K. (1993): Die Buckelfetthenne *Sedum dasyphyllum* in Hessen. In: Natur und Museum 123 (9): 268-275.
- BRANDES, D. (1987): Zur Flora der Burgen im nördlichen Harzvorland. – Braunsch. naturkd. Schr. 2: 607-627.
- BRANDES, D. (1992): Flora und Vegetation von Stadtmauern. – Tuexenia 12: 315-339.
- BRANDES, D. (1996): Burgruinen als Habitatinseln. Ihre Flora und Vegetation sowie die Bedeutung für Sukzessionsforschung und Naturschutz dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der Burgruinen des Harzgebietes. – Braunsch. naturkd. Schr. 5(1): 125-163.

- CASPARI, S., DÜRHAMMER, O., SAUER, M. & SCHMIDT, C. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Moose (Anthocerophyta, Marchantiophyta und Bryophyta) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(7): 361-489.
- CEZANNE, R., EICHLER, M. & THÜS, H. (2002): Nachträge zur Roten Liste der Flechten Hessens. Erste Folge. – Botanik u. Naturschutz in Hessen 15: 107-142.
- DEHNEN-SCHMUTZ, K. (2000): Nichteinheimische Pflanzen in der Flora mittelalterlicher Burgen. – Dissertationes Botanicae 334, 199 S.
- DREHWALD, U. (2013): Rote Liste der Moose Hessens. 1. Fassung, Stand April 2013. – Herausgegeben vom HESSISCHEN MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (HMUELV), 79 S., Wiesbaden.
- DREWELLO, R. & DREWELLO, U. (2009): Flechten auf Denkmälern: Indikatoren und Vermittler zwischen Denkmal- und Naturschutz. – Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 36: 161-180, München.
- FEHLOW, M., HILGENDORF, B., TISCHENDORF, S. & MALTEN, A. (2013): Burg Königstein. Faunistische und floristische Untersuchung ausgewählter Mauerabschnitte. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Magistrats der Stadt Königstein, 48 S. und Anhang, Kelkheim-Fischbach.
- FRAHM, J. P. (2014): Mit Moosen begrünen – eine Anleitung zur Kultur: Gärten, Dächer, Mauern, Terrarien, Aquarien, Straßenränder. – 106 S., Weißdorn-Verlag, Jena.
- HOHLA, M. (2009): Lebendige Spuren aus der Vergangenheit – Pflanzen unserer Burgen, Schlösser und Klöster. – ÖKO L (Zeitschrift für Ökologie, Natur- und Umweltschutz) 31(4): 13-24.
- HÜBL, E. & SCHARFETTER, E. (2008): Zur Gefäßpflanzenflora von Burgruinen in Niederösterreich. – In: EVERS C. (Hrsg): Braunschweiger geobotanische Arbeiten 9: 249-310.
- KLAUSING, O. (1988): Die Naturräume Hessens + Karte 1: 200 000. – Schriftenreihe der Hessischen Landesanstalt für Umwelt 67, 43 S., 1 Karte.
- MARTIN, A. (2015): The magical world of Moss gardening. 240 p., Timber Press.
- METZING, D., GARVE, E. & MATZKE-HAJEK, G. (2018): Rote Liste und Gesamtartenliste der Farn- und Blütenpflanzen (Trachaeophyta) Deutschlands. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(7): 13-358.
- MORDHORST, G. (1959): Die Grünschiefergebiete des Taunus. 2. Der Königstein. In: Hessische Floristische Briefe 8 (96): 421-423. Offenbach a.M.
- SCHÖLLER, H. (1996): Rote Liste der Flechten (*Lichenes*) Hessens. – Herausgegeben vom HESSISCHEN MINISTERIUM DES INNEREN UND FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ, 76 S., Wiesbaden.
- STOLZ, C. (2013): Archäologische Zeigerpflanzen: Fallbeispiele aus dem Taunus und dem nördlichen Schleswig-Holstein. – Schriften des Arbeitskreises Landes- und Volkskunde 11: 1-30.
- STRAKE-OTTICH, I., GREGOR, T., BARTH, U., BLATT, H., BÖGER, K., BÖNSEL, D., CEZANNE, R., FREDE, A., GOTTSCHLICH, G., HEMM, K., HODVINA, S., JANSEN, W., KUBOSCH, R., MAHN, D. & UEBELER, M. (2019): Rote Liste der Farn- und Samenpflanzen Hessens. 5. Fassung. – HESSISCHES LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE, Wiesbaden, 271 S.
- WIRTH, V. (2002): Indikator Flechte – Naturschutz aus der Flechtenperspektive. – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie C – Wissen für alle, Heft 50, 96 S., Stuttgart.
- WIRTH, V., HAUCK, M. & SCHULTZ, M. (2013): Die Flechten Deutschlands, 2 Bände, 1244 S., Stuttgart.
- WIRTH, V., HAUCK, M., VON BRACKEL, W., CEZANNE, R., DE BRUYN, U., DÜRHAMMER, O., EICHLER, M., GNÜCHTEL, A., JOHN, V., LITTERSKI, B., OTTE, V., SCHIEFELBEIN, U., SCHOLZ, P., SCHULTZ, M., STORDEUR, R., FEUERER, T. & HEINRICH, D. (2011): Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – Naturschutz und biologische Vielfalt 70: 7-122.

Anhang

Listen der Gefäßpflanzen

Es sind alle Gefäßpflanzenarten aufgeführt, die im Verlaufe mehrerer Begehungen im Bereich der Burg Königstein nachgewiesen wurden. Die Nomenklatur der Gefäßpflanzen richtet sich nach STARKE-OTTICH & al. (2019). Dort wurden auch die Angaben zur Gefährdung in Hessen (RL HE) und in

der Region Nordwest (RL NW) entnommen. Die Angaben zur Gefährdung in Deutschland (RL D) richten sich nach METZING & al. (2018). Die Rote-Liste-Kategorie (RL) sind in Tabelle 1 erläutert. Ein ! in der Spalte RL D weist darauf hin, dass Deutschland für die Erhaltung dieser Art in hohem Maß verantwortlich ist.

Tab. 4: Liste der Gefäßpflanzen.

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL D	RL HE	RL NW
1	<i>Acer campestre</i>	Feldahorn	*	*	*
2	<i>Acer platanoides</i>	Spitzahorn	*	*	*
3	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn	*!	*	*
4	<i>Achillea millefolium</i>	Gewöhnliche Wiesenschafgarbe	*	*	*
5	<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	*	*	*
6	<i>Agrostis capillaris</i>	Rotes Straußgras	*	*	*
7	<i>Alliaria petiolata</i>	Lauchhederich	*	*	*
8	<i>Allium vineale</i>	Weinbergglauch	*	*	*
9	<i>Anemone nemorosa</i>	Buschwindröschen	*	*	*
10	<i>Anthriscus sylvestris</i>	Wiesenkerbel	*	*	*
11	<i>Antirrhinum majus</i>	Großes Löwenmaul	D	-	-
12	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Quendelsandkraut	*	*	*
13	<i>Arrhenatherum elatius</i>	Glatthafer	*	*	*
14	<i>Artemisia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Beifuß	*	*	*
15	<i>Arum maculatum</i>	Aronstab	*!	*	*
16	<i>Asplenium ruta-muraria</i>	Mauerraute	*	*	*
17	<i>Asplenium trichomanes</i>	Braunstieler Streifenfarn	*	*	*
18	<i>Ballota nigra ssp. meridionalis</i>	Stinkende Schwarznessel	V	*	*
19	<i>Bellis perennis</i>	Gänseblümchen	*	*	*
20	<i>Berberis spec.</i>	Berberitze	K	K	K
21	<i>Betula pendula</i>	Hängebirke	*	*	*
22	<i>Brachypodium sylvaticum</i>	Waldzwenke	*	*	*
23	<i>Bromus benekenii</i>	Benekens Tresse	*	*	*
24	<i>Bromus hordeaceus subsp. hordeaceus</i>	Weiche Tresse	*	*	*
25	<i>Bromus sterilis</i>	Taube Tresse	*	*	*
26	<i>Bromus tectorum</i>	Dachtresse	*	*	*
27	<i>Bryonia dioica</i>	Zweihäusige Zaunrübe	*	*	*
28	<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume	*	*	*
29	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Gewöhnliches Hirtentäschel	*	*	*
30	<i>Cardamine bulbifera</i>	Zwiebeltragende Zahnwurz	*	*	*
31	<i>Cardamine hirsuta</i>	Behaartes Schaumkraut	*	E	E
32	<i>Carex leersii</i>	Leers' Segge	*	*	*
33	<i>Carex sylvatica</i>	Waldsegge	*	*	*
34	<i>Centaurea jacea</i>	Wiesenflockenblume	*	*	*
35	<i>Cerastium glomeratum</i>	Käuelhornkraut	*	*	*
36	<i>Cerastium glutinosum</i>	Bleiches Hornkraut	*	*	*
37	<i>Cerastium holosteoides</i>	Gewöhnliches Hornkraut	*	*	*
38	<i>Chaerophyllum temulum</i>	Heckenkälberkopf	*	*	*
39	<i>Chelidonium majus</i>	Schöllkraut	*	*	*
40	<i>Circea lutetiana</i>	Gewöhnliches Hexenkraut	*	*	*
41	<i>Cirsium acaule</i>	Stängellose Kratzdistel	V!	V	V
42	<i>Cirsium vulgare</i>	Gewöhnliche Kratzdistel	*	*	*

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL D	RL HE	RL NW
43	<i>Clematis vitalba</i>	Gewöhnliche Waldrebe	*	*	*
44	<i>Cornus sanguinea ssp. sanguinea</i>	Roter Hartriegel	*	*	*
45	<i>Corydalis cava</i>	Hohler Lerchensporn	*	*	*
46	<i>Corylus avellana</i>	Gewöhnliche Hasel	*	*	*
47	<i>Crataegus monogyna</i>	Eingriffeliger Weißdorn	*	*	*
48	<i>Crepis capillaris</i>	Grüner Pippau	*	*	*
49	<i>Cystopteris fragilis</i>	Zerbrechlicher Blasenfarn	*	*	*
50	<i>Dactylis glomerata</i>	Wiesen-Knäuelgras	*	*	*
51	<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Stinkrauke	◆	E	E
52	<i>Draba verna</i>	Frühlingshungerblümchen	*	*	*
53	<i>Dryopteris filix-mas</i>	Männlicher Wurmfarne	*	*	*
54	<i>Echium vulgare</i>	Stolzer Heinrich	*	*	*
55	<i>Elymus caninus</i>	Hundsquecke	*	*	*
56	<i>Epilobium angustifolium</i>	Schmalblättriges Weidenröschen	*	*	*
57	<i>Epilobium montanum</i>	Bergweidenröschen	*!	*	*
58	<i>Erodium cicutarium</i>	Gewöhnlicher Reiherschnabel	*	*	*
59	<i>Euonymus europaeus</i>	Gewöhnliches Pfaffenhütchen	*	*	*
60	<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressenwolfsmilch	*	*	*
61	<i>Festuca gigantea</i>	Riesenschwingel	*	*	*
62	<i>Festuca pratensis</i>	Wiesenschwingel	*	*	*
63	<i>Festuca rubra</i>	Rotschwingel	*	*	*
64	<i>Ficaria verna</i>	Scharbockskraut	*	*	*
65	<i>Fragaria vesca</i>	Walderdbeere	*	*	*
66	<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	*	*	*
67	<i>Galium album</i>	Weißes Labkraut	*	*	*
68	<i>Galium aparine</i>	Klebriges Labkraut	*	*	*
69	<i>Galium verum</i>	Echtes Labkraut	*	*	*
70	<i>Geranium molle</i>	Weicher Storchschnabel	*	*	*
71	<i>Geranium pusillum</i>	Kleiner Storchschnabel	*	*	*
72	<i>Geranium robertianum</i>	Ruprechtskraut	*	*	*
73	<i>Geum urbanum</i>	Echte Nelkwurze	*	*	*
74	<i>Glechoma hederacea</i>	Gundelrebe	*	*	*
75	<i>Hedera helix</i>	Efeu	*	*	*
76	<i>Heracleum sphondylium</i>	Wiesenbärenklau	*	*	*
77	<i>Hieracium lachenalii</i>	Gewöhnliches Habichtskraut	*	*	*
78	<i>Hieracium murorum</i>	Waldhabichtskraut	*	*	*
79	<i>Holcus lanatus</i>	Wolliges Honiggras	*	*	*
80	<i>Holosteum umbellatum</i>	Spurre	*	*	3
81	<i>Hordeum murinum</i>	Mäusegerste	*	*	*
82	<i>Hypericum perforatum</i>	Echtes Johanniskraut	*	*	*
83	<i>Iberis cf. sempervirens</i>	Immergrüne Schleifenblume	K	K	K
84	<i>Impatiens parviflora</i>	Kleinblütiges Springkraut	◆	E	E
85	<i>Inula conyzae</i>	Dürrwurze	*	*	*
86	<i>Juglans regia</i>	Walnuss	*	*	T
87	<i>Lactuca serriola</i>	Kompasslattich	*	*	*
88	<i>Lamium album</i>	Weißes Taubnessel	*	*	*
89	<i>Lamium maculatum</i>	Gefleckte Taubnessel	*	*	*
90	<i>Leucanthemum ircutianum</i>	Wiesenmargerite	*	*	*
91	<i>Lolium perenne</i>	Ausdauernder Lolch	*	*	*
92	<i>Lonicera xylosteum</i>	Rote Heckenkirsche	*	*	*
93	<i>Malva neglecta</i>	Wegmalve	*	*	*
94	<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee	*	*	*
95	<i>Melica uniflora</i>	Einblütiges Perlgras	*	*	*
96	<i>Mellilotus officinalis</i>	Gebräuchlicher Steinklee	*	*	*
97	<i>Mercurialis perennis</i>	Waldbingelkraut	*	*	*
98	<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	Stängelumfassendes Hellerkraut	*	*	V

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL D	RL HE	RL NW
99	<i>Milium effusum</i>	Wald-Flattergras	*	*	*
100	<i>Mycelis muralis</i>	Mauerlattich	*	*	*
101	<i>Origanum vulgare</i>	Gewöhnlicher Dost	*	*	*
102	<i>Parthenocissus inserta</i>	Gewöhnlicher Wilder Wein	◆	E	T
103	<i>Picris hieracioides</i>	Gewöhnliches Bitterkraut	*	*	*
104	<i>Pilosella officinarum</i>	Gewöhnliches Mausohrhabichtskraut	*	*	*
105	<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine Pimpernell	*	*	*
106	<i>Plantago lanceolata</i>	Spitzwegerich	*	*	*
107	<i>Plantago major ssp. major</i>	Gewöhnlicher Breitwegerich	*	*	*
108	<i>Plantago media</i>	Mittlerer Wegerich	*	*	*
109	<i>Poa angustifolia</i>	Schmalblättriges Rispengras	*	*	*
110	<i>Poa annua</i>	Einjähriges Rispengras	*	*	*
111	<i>Poa compressa</i>	Platthalm-Rispengras	*	*	*
112	<i>Poa nemoralis</i>	Hainrispengras	*	*	*
113	<i>Poa trivialis</i>	Gewöhnliches Rispengras	*	*	*
114	<i>Polygonum aviculare</i>	Echter Vogelknöterich	*	*	*
115	<i>Polypodium vulgare s. str.</i>	Gewöhnlicher Tüpfelfarn	*	*	*
116	<i>Potentilla indica</i>	Indisches Fingerkraut	◆	E	T
117	<i>Potentilla neumanniana</i>	Frühlingsfingerkraut	*	*	*
118	<i>Potentilla reptans</i>	Kriechendes Fingerkraut	*	*	*
119	<i>Prunella vulgaris</i>	Kleine Brunelle	*	*	*
120	<i>Prunus avium</i>	Vogel-Kirsche	*	*	*
121	<i>Prunus laurocerasus</i>	Kirschlorbeer	◆	T	T
122	<i>Prunus padus ssp. padus</i>	Gewöhnliche Traubenkirsche	*	*	*
123	<i>Ranunculus repens</i>	Kriechender Hahnenfuß	*	*	*
124	<i>Ranunculus acris subsp. acris</i>	Scharfer Hahnenfuß	*	*	*
125	<i>Ranunculus bulbosus</i>	Knolliger Hahnenfuß	*	*	*
126	<i>Ribes rubrum var. domesticum</i>	Rote Garten-Johannisbeere	K	K	K
127	<i>Ribes uva-crispa</i>	Stachelbeere	*	*	*
128	<i>Rosa canina</i>	Echte Hundsrose	*	*	*
129	<i>Rosa omeiensis var. pteracantha</i>	Stacheldrahtrose	K	K	K
130	<i>Rosa tomentosa</i>	Filzrose	*	*	*
131	<i>Rubus caesius</i>	Kratzbeere	*	*	*
132	<i>Rubus idaeus</i>	Himbeere	*	*	*
133	<i>Rubus sectio Rubus</i>	Artengruppe Echte Brombeere	*	-	-
134	<i>Rumex obtusifolius subsp. obtusifolius</i>	Stumpfblätriger Ampfer	*	*	*
135	<i>Rumex sanguineus</i>	Blutampfer	*	*	*
136	<i>Salix caprea</i>	Salweide	*	*	*
137	<i>Salvia pratensis</i>	Wiesensalbei	*	*	*
138	<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder	*	*	*
139	<i>Sedum dasyphyllum</i>	Dickblättrige Fetthenne	3	E	T
140	<i>Sedum rupestre</i>	Felsenfetthenne	*	*	*
141	<i>Sonchus oleraceus</i>	Kohl-Gänsedistel	*	*	*
142	<i>Stachys sylvatica</i>	Waldziest	*	*	*
143	<i>Stellaria apetala</i>	Bleiche Vogelmiere	*	*	*
144	<i>Stellaria holostea</i>	Große Sternmiere	*	*	*
145	<i>Stellaria media</i>	Gewöhnliche Vogelmiere	*	*	*
146	<i>Symphoricarpos albus</i>	Schneebeere	◆	T	T
147	<i>Syringia vulgaris</i>	Gewöhnlicher Flieder	◆	T	T
148	<i>Taraxacum lacistophyllum</i>	Geschlitzblättriger Löwenzahn	*!	3	3
149	<i>Taraxacum sectio Ruderalia</i>	Artengruppe Wiesenlöwenzahn	*	*	*
150	<i>Taxus bacata</i>	Eibe	V	*	E
151	<i>Tilia platyphyllo</i>	Sommerlinde	*	*	*
152	<i>Torillia japonica</i>	Gewöhnlicher Klettenkerbel	*	*	*
153	<i>Trifolium dubium</i>	Kleiner Klee	*	*	*
154	<i>Trifolium pratense</i>	Wiesenklee	*	*	*

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	RL D	RL HE	RL NW
155	<i>Trifolium repens</i>	Weißklee	*	*	*
156	<i>Trisetum flavesces</i>	Gewöhnlicher Goldhafer	*!	*	*
157	<i>Ulmus glabra</i>	Bergulme	*	*	*
158	<i>Urtica dioica subsp. dioica</i>	Große Brennessel	*	*	*
159	<i>Valeriana pratensis ssp. angustifolia</i>	Hügel- Arzneibaldrian	*	*	*
160	<i>Valerianella locusta</i>	Echter Feldsalat	*	*	*
161	<i>Verbascum lychnitis</i>	Mehlige Königskerze	*	*	*
162	<i>Verbascum thapsus</i>	Kleinblütige Königskerze	*	*	*
163	<i>Veronica arvensis</i>	Feldehrenpreis	*	*	*
164	<i>Veronica chamaedrys</i>	Gamanderehrenpreis	*	*	*
165	<i>Veronica persica</i>	Persischer Ehrenpreis	◆	E	E
166	<i>Veronica sublobata</i>	Hecken-Ehrenpreis	*	*	*
167	<i>Vicia segetalis</i>	Korn-Wicke	*	*	*
168	<i>Vicia sepium</i>	Zaunwicke	*	*	*
169	<i>Viola odorata</i>	Märzen-Veilchen	*	*	*

Listen der Flechten

Es sind alle Flechtenarten aufgeführt, die im Verlaufe mehrerer Begehungen im Bereich der Burg Königstein nachgewiesen wurden. Die Nomenklatur der Flechten richtet sich nach WIRTH & al. (2013), die Angaben zur Gefährdung in Deutschland nach WIRTH & al (2011). Die Angaben

zur Gefährdung in Hessen wurden SCHÖLLER (1996) entnommen. Die Ergänzungen von CEZANNE & al (2002) wurden berücksichtigt. Sofern gesetzliche Schutzbestimmungen für Flechtenarten gelten wird darauf hingewiesen (§). Die Bedeutung der Zeichen ist oben erläutert. Ein **(B)** weist auf einen Beleg im Herbarium des Verfassers hin.

Tab. 5: Liste der Flechten.

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	RL D	RL HE
1	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	*	*
2	<i>Botryolepraria lesdainii</i> (Hue) Canals & al. (B)	*	-
3	<i>Buellia aethalea</i> (Ach.) Th. Fr.	*	*
4	<i>Buellia griseovirens</i> (Turner & Borrer ex. Sm.) Almb.	*	*
5	<i>Caloplaca chlorina</i> (Flotow) H. Olivier	*	3
6	<i>Caloplaca citrina</i> (Hoffm.) Th. Fr.	*	*
7	<i>Caloplaca decipiens</i> (Arnold) Blomb. & Forssell	*	*
8	<i>Caloplaca dolomiticola</i> (Hue) Zahlbr.	*	*
9	<i>Caloplaca holocarpa</i> (Hoffm. Ex Ach.) A. E. Wade	*	*
10	<i>Caloplaca limonia</i> Nimis & Poelt	-	-
11	<i>Caloplaca obscurella</i> (J.Lahm ex Körber) Th. Fr. (B)	*	*
12	<i>Caloplaca pusilla</i> (A. Massal.) Zahlbr.	*	*
13	<i>Caloplaca subpallida</i> H. Magn.	*	*
14	<i>Caloplaca teicholyta</i> (Ach.) J. Steiner	*	*
15	<i>Candelariella aurella</i> (Hoffm.) Zahlb.	*	*
16	<i>Candelariella medians</i> (Nyl.) A. L. Sm.	*	*
17	<i>Candelariella vitellina</i> (Hoffm.) Müll. Arg.	*	*
18	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Pers. ex Ach.) Lettau (B)	*	*
19	<i>Cercidospora epipolytropia</i> (Mudd) Arnold	*	D
20	<i>Circinaria caesiocinerea</i> (Nyl. ex. Malbr.) A. Nordin, S. Savić & Tibell	*	*
21	<i>Circinaria calcarea</i> (L.) A. Nordin, S. Savić & Tibell	*	*
22	<i>Circinaria contorta</i> (Hoffm.) A. Nordin, S. Savić & Tibell subsp. contorta	*	*
23	<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.	*	*
24	<i>Collema crispum</i> (Huds.) F. H. Wigg. (B)	*	*
25	<i>Collema fuscovirens</i> (With.) J. R. Laundon (B)	*	3
26	<i>Collema tenax</i> (Sw.) Ach. em. Degel.	*	*
27	<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A. Massal.	V	3

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	RL D	RL HE
28	<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	*	*
29	<i>Endocarpon adsurgens</i> Vain. (B)	-	-
30	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach. (B)	*	*
31	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	*	3
32	<i>Hypocenomyce scalaris</i> (Ach. ex Lilj.) M. Choisy	*	*
33	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	*	*
34	<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) Hav.	*	*
35	<i>Lecanora albescens</i> (Hoffm.) Branth & Rostr.	*	*
36	<i>Lecanora campestris</i> (Schaer.) Hue	*	*
37	<i>Lecanora expallens</i> Ach.	*	*
38	<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	*	*
39	<i>Lecanora polytropa</i> (Ehrh. ex Hoffm.) Rabenh.	*	*
40	<i>Lecanora rupicola</i> (L.) Zahlbr. subsp. <i>rupicola</i>	*	*
41	<i>Lecanora saxicola</i> (Pollich) Ach. subsp. <i>saxicola</i>	*	*
42	<i>Lecidea fuscoatra</i> (L.) Ach.	*	*
43	<i>Lecidea grisella</i> Flörke	*	*
44	<i>Lecidella carpathica</i> Körber	*	*
45	<i>Lecidella stigmatia</i> (Ach.) Hertel & Leuckert	*	*
46	<i>Lepraria finkii</i> (de Lesd.) R. C. Harris	*	*
47	<i>Leptogium gelatinosum</i> (With.) J. R. Laundon (B)	G	2
48	<i>Lobothallia radiosa</i> (Hoffm.) Hafellner	*	*
49	<i>Melanelixia fuliginosa</i> (Lamy) O. Blanco & al.	*	*
50	<i>Melanohalea exasperatula</i> (Nyl.) O. Blanco & al.	*	*
51	<i>Opegrapha gyrocarpa</i> Flotow	*	*
52	<i>Parmelia serrana</i> A. Crespo, M. C. Molina & D. Hawksw.	*	*
53	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	*	*
54	<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	*	3
55	<i>Phaeophyscia nigricans</i> (Flörke) Moberg	*	*
56	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Necker) Moberg	*	*
57	<i>Phlyctis argena</i> (Sprengel) Flotow	*	*
58	<i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Fűrnr.	*	*
59	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC. subsp. <i>tenella</i>	*	*
60	<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	V	3
61	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	*	*
62	<i>Placopyrenium fuscillum</i> (Turner) Gueidan & Cl. Roux	*	D
63	<i>Polysporina subfuscens</i> (Nyl.) K. Knudsen & Kocourk.	D	*
64	<i>Protoblastenia rupestris</i> (Scop.) J. Steiner	*	*
65	<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf var. <i>ceratea</i> (Ach.) D. Hawksw.	*	*
66	<i>Psilolechia lucida</i> (Ach.) M. Choisy	*	*
67	<i>Punctelia jeckeri</i> (Roum.) Kalb	*	*
68	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	*	3
69	<i>Rhizocarpon distinctum</i> Th. Fr.	*	*
70	<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	*	*
71	<i>Rhizocarpon reductum</i> Th. Fr.	*	*
72	<i>Rinodina oleae</i> Bagl.	*	*
73	<i>Sarcogyne regularis</i> Körber	*	*
74	<i>Staurothele frustulenta</i> Vain. (B)	*	3
75	<i>Trapelia placodioides</i> Coppins & P. James	*	*
76	<i>Trapeliopsis flexuosa</i> (Fr.) Coppins & P. James	*	*
77	<i>Verrucaria nigrescens</i> Pers.	*	*
78	<i>Verrucaria praetermissa</i> (Trevisan) Anzi	V	*
79	<i>Xanthomendoza fallax</i> (Hepp) Søchting, Kärnefelt & S. Y. Kondr.	3	2
80	<i>Xanthoria calcicola</i> Oxner	*	*
81	<i>Xanthoria elegans</i> (Link) Th. Fr.	*	*
82	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	*	*

Listen der Moose

Es sind alle Moosarten aufgeführt, die im Verlaufe mehrerer Begehungen im Bereich der Burg Königstein nachgewiesen wurden. Die Nomenklatur der Moose und die Angaben zur Gefährdung in Deutschland richten sich nach CASPARI & al. (2018).

Die Angaben zur Gefährdung in Hessen wurden DREHWALD (2013) entnommen. Sofern gesetzliche Schutzbestimmungen für Moosarten gelten wird darauf hingewiesen (§). Die Bedeutung der Zeichen ist in Tabelle 1 erläutert. Ein **(B)** weist auf einen Beleg im Herbarium des Verfassers hin.

Tab. 6: Liste der Moose.

lfd. Nr.	Wissenschaftlicher Name	RL D	RL HE
Lebermoose			
1	Metzgeria furcata	*	*
Laubmoose			
2	Amblystegium serpens	*	*
3	Anomodon viticulosus	*	V
4	Atrichum undulatum	*	*
5	Barbula convoluta var. convoluta	*	*
6	Barbula unguiculata	*	*
7	Brachythecium albicans	*	*
8	Brachythecium rutabulum	*	*
9	Brachythecium salebrosum	*	*
10	Brachythecium velutinum	*	*
11	Bryoerythrophyllum recurvirostrum	*	*
12	Bryum argenteum	*	*
13	Ceratodon purpureus	*	*
14	Cirriphyllum crassinervium	*	V
15	Cirriphyllum piliferum	*	*
16	Dicranum scoparium	*	*
17	Didymodon fallax	*	*
18	Didymodon rigidulus (B)	*	*
19	Encalypta streptocarpa	*	*
20	Eurhynchium striatum	*	*
21	Grimmia pulvinata	*	*
22	Homalothecium sericeum	*	*
23	Hypnum cupressiforme	*	*
24	Isothecium alopecuroides	*	*
25	Kindbergia praelongum	*	*
26	Orthotrichum affine	*	*
27	Orthotrichum anomalum	*	*
28	Oxyrrhynchium hians	*	*
29	Plagiomnium affine	*	*
30	Plagiothecium succulentum	*	*
31	Polytrichum formosum	*	*
32	Pterigynandrum filiforme	*	3
33	Ptychostomum capillare	*	*
34	Rhynchostegiella tenella (B)	*	3
35	Rhynchostegium murale (B)	*	*
36	Rhytidiadelphus squarrosus	*	*
37	Syntricha montana (B)	*	3
38	Thamnobryum alopecurum	*	V
39	Tortula muralis	*	*
40	Zygodon rupestris	*	3

Fotodokumentation



Abb. 1: Am Eingang zwischen Spitze Bastion und Rondell stehen Grünschieferfelsen an. Hier finden sich zahlreiche typische Flechtenarten wie *Circinaria contorta*, *Lobothallia radiosa*, *Xanthoria calcicola* und *Xanthomendoza fallax* und Moosarten wie *Grimmia pulvinata*, *Homalothecium sericeum*, *Orthotrichum anomalum*, *Tortula muralis* und *Tortula ruralis*.



Abb. 2: Artenreiche Vegetationsbestände mit Gefäßpflanzen, Flechten und Moosen finden sich am Inneren Burgaufgang an anstehenden Grünschieferfelsen, auf flachgründigen Bereichen und mageren Rasenflächen.



Abb. 3: Artenreiche Vegetationsbestände mit Gefäßpflanzen, Flechten und Moosen an anstehenden Grünschieferfelsen, flachgründigen Bereichen und der Burgmauer zwischen Unterer Festwiese und Aufgang zum Burghof.



Abb. 4: Zahlreiche kurzlebige Pflanzenarten (Therophyten) finden sich im Frühjahr an den flachgründigen besonnten Schieferfelsen wie beispielsweise Bleiches Hornkraut, Spurre, Gewöhnlicher Reiherschnabel, Frühlingshungerblümchen, Quendelsandkraut, Weiche Trespe, Taube Trespe, Stängelumfassendes Hellerkraut und andere.



Abb. 5: An den beschatteten Mauern im Torweg wachsen Moose und Flechten, in den Mauerfugen verschiedene Farne und Blütenpflanzen.



Abb. 6: In den Mauerfugen im Torweg wachsen u. a. Zerbrechlicher Blasenfarn, Mauerraute, Stinkender Storchschnabel und die Dickblättrige Fetthenne.



Abb. 7: Am Rande der Unteren Festwiese wurde an einer Stelle die Zypressenwolfsmilch gefunden.



Abb. 8: Die alten und besonnten Mauerkronen sind dicht mit Flechten und Moosen bewachsen.



Abb. 9: Eine auffällige Flechtenart, die oft an Vertikalflächen von alten Mauern wächst, ist *Xanthomendoza fallax*.



Abb. 10: Vorzugsweise auf den Mauerkronen aber auch an den beregneten Flächen der anstehenden Grünschieferfelsen wächst die Flechte *Lecidea grisella*. Das Lager ist hellbeige, die Apothecien schwarz aber oft weiß bereift.

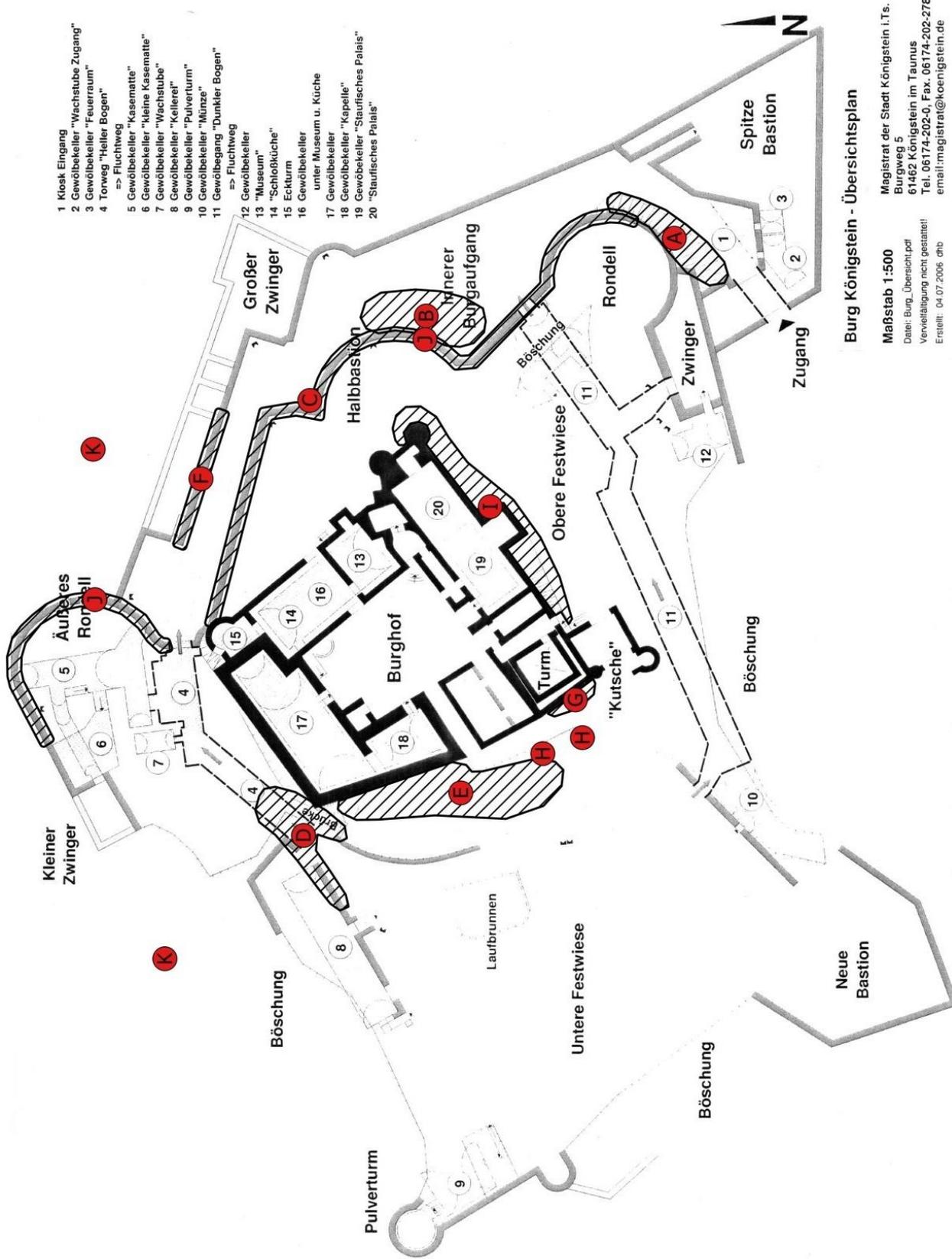


Abb. 11: Schützenswerte und zu schonende Bereich auf der Burg Königstein (siehe Kapitel 4)

Tab. 7: Ergebnisse der Mauerkronenbegrünung mit Moosen (siehe Kapitel 5):
 Das Monitoring für alle 22 Untersuchungsflächen (UF) erfolgte am 05.05.2020.
 In der Tabelle ist die Deckung der betreffenden Moosart in % auf den UF angegeben.

Nr. der Aufnahme	UF 1	UF 2	UF 3	UF 4	UF 5	UF 6	UF 7	UF 8	UF 9	UF 10	UF 11	UF 12	UF 13	UF 14	UF 15	UF 16	UF 17	UF 18	UF 19	UF 20	UF 21	UF 22	Absol. Stetigkeit	
Datum der Begrünung (Monat, Jahr)	04.19	11.17	04.19	09.19	09.19	09.19	04.19	11.17	04.18	04.18	04.18	04.19	04.19	11.17	04.19	0-	11.17	09.19	09.19	09.19	04.19	04.19		
Deckung Moose (%)	5	1	25	10	30	50	15	15	15	30	70	3	25	2	1	1	5	25	25	5	0,2	5		
Anzahl der Arten	5	2	5	3	5	6	6	8	7	5	5	4	7	3	4	4	5	6	5	5	4	1	3	
Hypnum cupressiforme	1		20	7	10	5	2	6	5	10	25	2	3		0,2	0,2	0,2	15	3		0,2		18	
Tortula ruralis s.l.	1	1	1		5			1		1	1		1		0,2	0,2	4	3		3			13	
Ceratodon purpureus				3			1	0,2	2	3	5		15		0,2	0,2	0,2	0,2	3				12	
Schistidium apocarpum	1	0,2	1			0,2	10		2	1			3				0,2						10	
Brachythecium rutabulum	1		1				2	6	5	15	40	1	3							0,2°			10	
Pychostromum capillare			1		1	5		1	0,2				1	0,2					3	0,2°			9	
Homalothecium sericeum					10	40						0,2		2			0,2	5	15	1		0,2	9	
Tortula muralis	1				1	0,2		1	1					1									6	
Leptogium lichinoides (F)						0,2	0,2						0,2										3	
Brachythecium albicans															0,2	0,2						0,2°	3	
Amblytegium serpens				0,2					1									0,2	0,2				3	
Orthotrichum anomalum												0,2											2	
Bryum argenteum									0,2														2	
Grimmia pulvinata											0,2								3				1	
Encalypta streptocarpa							0,2																1	
Barbula unguiculata								0,2															1	

Sabine Wagner & Jörg George

Ziegenbeweidung an und in der Burgruine Königstein – ein Erfahrungsbericht

Im März 2018 nahm das Burgenbüro Dr. Strickhausen mit uns, dem Talhof, Jörg George und Sabine Wagner Kontakt auf, um die Möglichkeit einer Entgrünung der Außenflächen der Burgruine Königstein mit Ziegen zu eruieren. Unser Hof in Usingen Wernborn mit seinen ca. 300 Ziegen verfügt über langjährige Erfahrung in der Landschaftspflege. Die Beweidung einer Burgruine erschien uns als interessantes Neuland. Im April fand ein Treffen mit dem Talhof, dem Burgenbüro, Vertretern der Stadt – Frau Birte Sterf, Umweltbeauftragte der Stadt, und Frau Gabriela Terhorst, Dezernentin für Grünanlagen – sowie Vertretern verschiedener Vereine u. a. Herrn Alexander von Bethmann (Burgverein Königstein e. V.), Frau Cordula Jacobowsky (BUND), Frau Ellengard Jung (Denkmalpflege Königstein e. V.) zu einer gemeinsamen Begehung um die Burg statt.

Ergebnis des ersten Treffens war, ab Mai 2018 eine Testbeweidung auf einer Fläche zwischen Burg und Altstadt (Abb. 1 - 3) in einem eingezäunten und so abgegrenzten Bereich mit Ziegen durchzuführen. Auf diesen Flächen waren einige Jahre zuvor Bäume unterschiedlichen Alters gefällt worden, und es zeigte sich nun der übliche sehr starke Stockaus Schlag und Aufwuchs neuer Bäume und Büsche. Damit war der Bereich als Testfläche ideal geeignet. Als Zaun sollte ein Elektro-Netz dienen. Der Rundweg um die Burg sollte weiterhin begehbar bleiben. Die Maßnahme erfolgte in Abstimmung der Behörden (untere Naturschutzbehörde, Veterinäramt, Bauamt, Denkmalbehörde, Umweltbeauftragte der Stadt Königstein, Gründezernentin, Bürgermeister).

Die Versorgung der Ziegen sollte mittels täglicher Kontrollen durch den Talhof erfolgen. Nahrung wurde durch den Aufwuchs innerhalb der Beweidungsfläche sichergestellt, Wasser und Salz wurden mitgebracht. Ebenfalls erfolgte täglich eine Kontrolle der Zäune. Die Fläche stellte Futter für eine Zeit von ungefähr drei Wochen zur Verfügung. Der Efeubewuchs an der Burgmauer stellte kein Problem für die Ziegen dar (Abb. 4 - 6). Alle Triebe in Reichweite wurden entlaubt und überwiegend geschält. Es zeigte sich, dass einzelne Bäume mit und ohne Efeu, oder Areale mit ökologisch wertvollem



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6

Bewuchs, die geschont werden sollten, mit Gattern oder Drainage-Folien geschützt werden mussten.

Die Maßnahme war so erfolgreich, dass die Beweidung der gleichen Fläche zzgl. der Fläche auf der Spitzen Bastion innerhalb der Burg ab Anfang September 2018 wiederholt wurde. Nach Beurteilung durch das Burgenbüro und der Stadt Königstein war der Projektstart ein voller Erfolg. Nicht nur die Qualität der Entgrünung durch die vierbeinigen Rasenmäähäher, sondern ebenfalls die Resonanz der Bevölkerung und sämtlicher involvierter Behörden war durchweg positiv.

Ziegen sind für Maßnahmen dieser Art gut geeignet, ja geradezu prädestiniert. Die Kletterkünstler meistern steilste Steigungen und können noch Bereiche abfressen, die ein Garten- und Landschaftsbaubetrieb nur mit schwerem Gerät und ungeheurem Aufwand an Manpower und Technik entgrünen könnte. Darüber hinaus ist ein Wildwuchs wie rund um die Burg dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedlichste Pflanzen, Gehölze und Unkraut, Dornen und Disteln, giftige und ungiftige Pflanzen vorkommen. Für Ziegen kein Problem, wo andere Weidetiere, auch z. B. Schafe, an ihre Grenzen stoßen. Durch den schnellen Stoffwechsel von Ziegen können auch Pflanzen vertragen werden, die manch anderes Weidetier töten: Efeu, Farn, Flieder etc. Große Ausnahme ist die Eibe, diese muss unbedingt vor einer Beweidung entfernt oder ausgezäunt werden. Auch sind die vierbeinigen Landschaftspfleger nicht wählerisch bei ihrem Mittagstisch. Gras, Baum-Wildlinge, Brombeergestrüpp, Blätter, selbst Brennnesseln, allerdings erst wenn sie geblüht haben,

steht alles auf ihrem Speiseplan. Baum-Wildlinge werden bis zu einer Höhe von ca. zwei Metern verbissen, junges Gehölz gar komplett, indem die Ziegen es nach unten biegen, um an die zarten Blätter und die junge Rinde zu kommen.

Die eingesetzte Ziegenrasse Thüringer-Wald-Ziegen ist eine vom Aussterben bedrohte Nutztier- rasse. Die Rasse entwickelte sich Anfang des 20. Jahrhunderts, als Ziegenzüchter aus Thüringen in ihre damaligen regionalen Landschläge Toggenburger Ziegen einkreuzten. Seit 1935 wird sie als eigenständig anerkannte Ziegenrasse rein weiterge- züchtet.

Die Thüringer-Wald-Ziege ist heute die einzige eigenständig gezüchtete, einheimische Ziegenrasse Deutschlands – ohne Einkreuzungen anderer Ras- sen aus dem In- und Ausland. Sie ist als Zweinut- zungsziege, für Milchproduktion und Landschafts- pflege gut geeignet. Reine Milchziegen sind heutzutage oft ausschließlich auf hohe Milchleistung hin gezüchtet.

Bei einer Ortsbegehung im Februar 2019 mit dem Talhof, dem Burgenbüro sowie Frau Sterf und Frau Terhorst als Vertretern der Stadt Königstein wurde beschlossen, im Frühjahr 2019 den Beweidungs- bereich um die gesamte Burg auszuweiten. Teil- weise mussten zu diesem Zweck Abschnitte des Burgweges gesperrt werden. Die allermeisten Spa- ziergänger hatten Verständnis. Darüber hinaus kam es beinahe täglich zu Begegnungen mit Besuchern, die voller Interesse für die Maßnahme und die Tiere waren. Nicht selten ergaben sich daraus lange Ge- spräche.

Nicht vorhersehbar bei der ersten Komplettbeweidung der Außenflächen rund um die Burgruine war, dass – vom Wildwuchs seit Jahren gut versteckt – bergeweise Müll, wie Flaschen, Scherben etc. auf den Beweidungsflächen lag, der an den schwer zugänglichen Bereichen mühsam per Hand eingesammelt werden musste, um die Tiere nicht zu gefährden. Dies bedeutete einen nicht unerheblichen Mehraufwand, der in die ursprüngliche Kalkulation nicht eingeflossen war.

Ebenfalls unvorhersehbar waren Probleme beim Zaunbau. Manche sehr unwegsamen Bereiche, an sich für die Ziegen überhaupt kein Problem, stellten das Installieren der Zäune vor große Herausforderungen. Sehr steiles und unwegsames Gelände, steiniger, felsiger Untergrund und vor allem gefallene oder umgeschnittene Bäume, die unter dem grünen Dickicht, das als Ziegenfutter dienen sollte, gar nicht gesehen wurden, stellten den Zaunbau aber teilweise vor fast unüberwindliche Schwierigkeiten (Abb. 7). Grundsätzlich ist für den Aufbau von Weidenetzen eine ca. 50 cm breite Schneise notwendig, für die Ziegen nicht – denn erst verschwinden die Ziegen im Dickicht, dann verschwindet das Dickicht in den Ziegen. Diese Schneise stellt sicher, dass der durch das Netz fließende Strom nicht durch anliegende Pflanzen und Äste so stark abgelenkt wird, dass für die Ziegen nichts mehr übrig ist. Auf gerader Fläche wird diese mit einer Sense freigeschnitten, am steilen Hang oder im Wald mit der Heckenschere.

Im Herbst 2019 wurde der zweite Einsatz der Ziegen dann erneut ausgeweitet. Innerhalb der Burg wurde neben der Spitzen Bastion, die Untere Festwiese (Abb. 8), der Innenhof, nebst den Obergeschossen einiger Bauten (Abb. 9) und eine Wiese vor der Küche (Abb. 4 & 10) ebenfalls beweidet. Auch hier zeigte sich wieder riesengroße Begeisterung bei den Besuchern der Burg. Unser Eindruck war, dass die Bevölkerung respektvoll mit Abzäunung und Wegsperrungen umgingen. Uns gegenüber wurde nicht einmal ein negatives Feedback gegeben.



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9



Abb. 10

Die Beweidung erfolgt idealerweise zweimal jährlich. Im Frühjahr, wenn der Aufwuchs soweit vorhanden ist, was ca. im Mai bis Anfang Juni der Fall ist, so dass die Ziegen ausreichend Futter haben. Im Jahr 2019 hat der Frühjahrseinsatz für die komplette Burg sechs Wochen gedauert. Anschließend das zweite Mal im Herbst, September bis Oktober, um vor dem Winter den Wildwuchs und die Baumwildlinge nochmals zu entfernen und zu schädigen. Meistens ist die Menge des Futters dann nicht mehr so reichlich und die Määääh-Arbeiten waren in vier Wochen erledigt. Darüber hinaus wurden mehr Tiere eingesetzt, um den Beweidungsdruck zu erhöhen. Wenn mehr Tiere auf einer Fläche um das Futter konkurrieren wird mehr „zerstört“, bzw. gründlicher abgefressen.

Die große Begeisterung und das rege Interesse der Bevölkerung führte im Sommer 2019 zu einer Anfrage nach Führungen zum Thema Landschaftspflege, Hutewald, Ziegen als Rasenmäher für Schul- bzw. Kindergartenkinder. Zwei Führungen wurden durchgeführt. Das Interesse der Kinder verlagerte sich schnell von den Sachthemen zu den Tieren, die ihrerseits neugierig auf die Kinder waren und sich gerne streicheln ließen. So waren dann aber letztendlich alle von den Führungen begeistert.

In 2020, im dritten Jahr angekommen, waren die Burgpfleger schon so routiniert, dass sie alle Schleichwege und Schlupflöcher in und um die Burg kannten. Zweimal sind die als Ausbrecherkönige bekannten Ziegen nicht aus-, sondern eingebrochen: vom Außenbereich an der Not-Treppe über steilen Anstieg, auf einem Mäuerchen entlang durch ein kleinstes Schlupfloch im Zaun in die Burg. Gemütlich äsend trafen wir sie auf der Festwiese an. Sämtliche Besucher waren völlig aus dem Häuschen, ob dieser außergewöhnlichen Attraktion. Völlig problemlos kamen sie dann wieder mit in ihre Umzäunung. „Ein kleiner Ausflug muss doch mal erlaubt sein“. Die Löcher im Zaun wurden beseitigt. Man wird immer wieder neu belehrt, welche Wege für die Kletterkünstler noch akzeptabel sind (Abb.11).

Die Außenbeweidung der kompletten Burg profitierte bezüglich der Einzäunung von der Erfahrung des Vorjahres. Man kannte inzwischen die schwierigen Stellen.

Eine Anmerkung bezüglich der Kommunikation zwischen den Abteilungen der Stadt sei an dieser

Stelle erlaubt. Während der Beweidung innerhalb der Burg kamen wir zum Umstellen der Zäune auf eine weitere Fläche (die unterhalb der Küche). Bei der Ankunft stellten wir fest, dass die Fläche just an diesem Vormittag durch den Bauhof gemulcht worden war. Die Mitarbeiter wussten überhaupt nichts von der Beweidungsmaßnahme. Die Weitergabe der Information über den Einsatz der Ziegen an alle Beteiligten (Burgpächter, Bauhof, Stadt) würde durchaus Sinn machen.

Aus unserer Sicht gibt es kaum ein schöneres Einsatzgebiet für die Ziegen als die Burgruine Königstein. Eine wahre Win-Win-Situation. Die Burg profitiert von den kompromisslosen Landschaftsgärtnern, für die kein Burghang zu unwegsam oder steil, kein Kräutchen zu hoch, kein Wildwuchs zu dicht ist. Auf der anderen Seite haben die Ziegen eine Beweidungsfläche, die ihrem wahren Naturell so nah wie nur möglich kommt. Unterschiedliches Nahrungsangebot, von Bäumen, über Hecken, bis zu Gras und Efeubewuchs ist ein abwechslungsreicher Speiseplan. Die Kletterei, das schroffe und anspruchsvolle Areal ist nicht nur ein Kinderspiel für die Ziegen, sondern genau nach Ziegengeschmack.



Abb. 11

Gabriela Terhorst

Fuit aliquando ... – Es war einmal ... Ehrenamtliches Engagement im Projekt

So beginnen sie – zumindest viele Märchen. Meist fangen sie mit einer misslichen Situation an und finden dann doch ein gutes Ende. Aber erst einmal wird die Prinzessin vergiftet, der böse Wolf frisst die Großmutter, Zauberer und Hexen geben sich ein Stelldichein. Manchmal ist es aber auch nur ein kleiner Streit, der im Märchen großes Unglück auslöst.

Fast möchte man meinen, wenn man vor der wunderbaren mittelalterliche Burgruine Königstein steht, dass es dort immer noch Ritter, Könige, Prinzessinnen und Drachen geben muss, die man jedoch im Innern der Burg vergebens sucht. Doch die Atmosphäre, die das ehrwürdige Gemäuer auf dem dicht bewachsenen Burgberg ausstrahlt, ist in der Tat märchenhaft.

Wer einen Spaziergang um die Burg macht, sieht sich schnell in eine andere Welt versetzt, denn die hohen, dicken Mauern schauen majestätisch auf den Besucher herab, die schmale Pfade um die Burg, hohe, alte Bäume und seltene Pflanzen sind geheimnisvoll. Jede Jahreszeit hat hier ihren besonderen Reiz und die massige Ruine trotz seit vielen hundert Jahren den Unbilden des Wetters.

Jeder Königsteiner und jede Königsteinerin, ob klein oder groß, kennt die Burg und man möchte vermuten, dass sie so, wie sie dort steht, auch geschätzt und geliebt wird. Genau hier liegt aber der große Irrtum und genau hier entbrannte vor über 10 Jahren der bereits beschriebene kleine, aber sehr intensive Streit. Über den Umgang mit der dem Bürger so liebgewonnenen Burg, herrschte jahrelang große Uneinigkeit. Und weil sie eben Königsteins bedeutendstes Gebäude ist, fühlten und fühlen sich viele Vereine mit ihren ehrenamtlichen Mitgliedern berufen und verpflichtet, sich um die Flächen und Mauern in und um die Burg zu kümmern.

Da sind auf der einen Seite die Vereine, die sich mit der Burg, ihrer Geschichte und den Möglichkeiten ihrer Nutzung befassen, wie der Burgverein Königstein e.V., die Denkmalpflege Königstein e.V. und die Ritter von Königstein, auf der anderen der BUND (Bund für Umwelt- und Naturschutz) Königstein-Glashütten, der sich schwerpunktmäßig



Abb. 1 - 3: Idyllische Wege um die Burg mit klirrender Kälte, aber auch Burgsommer mit magischen Orten und dem Männlein steht im Walde auf einem Bein.



Abb. 4 - 6: Burgfräulein feiert im Gewölbekeller, vor dem historischen Burgfestumzug und Empfang des Bürgermeisters anlässlich des Burgfestes.



Abb. 7: Ritteressen



Abb. 8: Ritterturnier

dem Natur- und Artenschutz verpflichtet sieht. Dazwischen lag lange wortwörtlich ein tiefer „Burggraben“.

Der Burgverein Königstein e.V. veranstaltet seit 69 Jahren, drei Tage lang das große Burgfest, welches durch Corona in diesem Jahr leider kein 70. Jubiläum feiern kann. Nur anlässlich des Burgfestes werden die Gewölbekeller zur Bewirtschaftung durch andere ansässige Vereine geöffnet, es findet auf der großen Festwiese ein buntes Musikprogramm statt und am Sonntag lockt der historische Festumzug vom Rathaus durch die Stadt zur Burg mit Kutschen, Musikgruppen aus benachbarten Kommunen und aus den Partnerstädten sowie ein fröhliches Kinderprogramm, was ebenfalls von hiesigen Vereinen gestaltet wird, tausende Besucher*innen an.

Die Ritter von Königstein widmen sich in ihrer Freizeit der Darstellung mittelalterlichen Brauchtums. Jährlich veranstalten sie ein spektakuläres Ritterturnier.

Die Denkmalpflege Königstein hat sich auf die Fahne geschrieben, die Geschichte aller in Königstein befindlichen Denkmäler aufzuarbeiten. Dabei

nimmt die Burg Königstein selbstverständlich einen besonders bedeutenden Platz ein. Jährlich werden Führungen und Begehungen veranstaltet.

Den drei Vereinen gemein ist, dass sie in ihrem Satzungsziel den Erhalt der Burg Königstein durch ihre unterschiedlichen Tätigkeiten und Veranstaltungen unterstützen und wenn möglich auch mit Spenden fördern oder selbst Hand anlegen.

Auch wenn der BUND Königstein-Glashütten durchaus die Förderung der Kulturlandschaften und in diesem Zusammenhang auch der Denkmalpflege als Satzungsziel formuliert, so liegt naturgemäß der Fokus auf dem Arten- und Naturschutz sowie der Umweltbildung. Zu diesem Zweck veranstaltet er Workshops, Führungen mit Erwachsenen und Kindern und beteiligt sich, wie andere Vereine auch, an der Programmgestaltung der unterschiedlichen Feste, wie dem Volksfest, Kinder im Park aber auch dem Kinderprogramm am Burgfestsonntag.

In einer kleinen Kommune, wie Königstein mit 17.000 Einwohnern, spielt bürgerschaftliches Engagement eine wichtige Rolle und trägt zu einem lebendigen, abwechslungsreichen Stadtleben bei.

Die Vereine unterstützen sich gegenseitig. Umso unangenehmer ist es daher, wenn das Miteinander durch unterschiedliche Interessenlagen empfindlich gestört ist. Vieles spricht sich schnell herum, die örtliche Presse ist ebenso interessiert an den Neuigkeiten, wie die Bürger*innen, sodass kleine Meinungsunterschiede schnell zu den großen Problemen werden können.

Auf Initiative des Denkmalpflegevereins zusammen mit Burgverein und Rittern, wurden über lange Zeit, zwei Mal jährlich zu sog. Burgpflegetag eingeladen. Zwischen 20 und 40 Teilnehmer und Helfer trafen sich dazu auf der Burg, um die Mauern von Efeu, Sträuchern und anderem Grün zu befreien. Insbesondere der Efeu war den Burgfreunden ein Dorn im Auge. Gearbeitet wurde lange ohne dass die Stadt oder die Untere Naturschutzbehörde (UNB) davon Kenntnis bekam. Es erschien vollkommen selbstverständlich, sich hier zu engagieren. Immer wieder spektakulär war der Einsatz der Kletterer des Kletterclubs Frankfurt, einer örtlichen Sektion des Deutschen Alpenvereins, die sich um das Entfernen des Efeus an den hohen Mauern und Türme kümmerten.



Abb. 9: Die Denkmalpflege Königstein informiert beim Frühlingsempfang.



Abb. 10: Erschwerte Bedingungen beim Burgfest für den BUND.



Abb. 11: Der BUND beim Burgfest Kinderprogramm.



Abb. 12: BUND Königstein und Kronberg gemeinsam zum Tag des Bodens.



Abb. 13: Kletterübungen



Abb. 14: Ritter bei der Arbeit. „Aufräumwut oder Burgpflege“?



Abb. 15: Zusammen ist besser als allein. BUND, Denkmalpflege Königstein und Ritter packen jetzt abgestimmt und gemeinsam an.

Aus Sicht der Vereine diente diese Pflegemaßnahme dem Erhalt der Burg, doch dass derartige Arbeiten einer Genehmigung bedürfen und dabei auch Fehler gemacht werden, brachte den BUND auf den Plan.

Für den BUND waren dies eben nicht allein Pflegearbeiten, sondern er bezeichnete es als „Aufräum-Wut“. Die Maßnahmen müssten, nach Ansicht des BUND, mit der (UNB) abgestimmt werden, der Burghain dürfe, da Bannwald nicht einbezogen werden und die Brut- und Setzzeiten müssten zwingend nach den geltenden Gesetzen eingehalten werden. Um den Forderungen Nachdruck zu verleihen, wurde des Öfteren die UNB informiert, die die Arbeiten stoppte. Die Presse hatte ihr Sommerloch gestopft und der Zwist ging ins nächste Jahr.

Die Kommune versuchte zu vermitteln, doch die Vorstellungen, wie mit Burg und Bewuchs umzugehen sei, waren zu unterschiedlich. Um einen Überblick über die Flora zu bekommen, gab die Stadt schließlich eine Untersuchung in Auftrag, die sich insbesondere auf die bedrohten Arten konzentrierte. Auch dem Efeu kam, zumindest an einigen Teilstellen, wieder Bedeutung zu, da er im Herbst Insekten und im Frühjahr Vögeln willkommene Nahrung bietet. Zudem wurde klar, dass der Efeu, wenn am Mauerfuß abgeschnitten, umso stärker in die Mauerritzen wurzelt, was wiederum eher zu Zerstörung derselben führen kann und dass ein großes Problem durch die Wurzeln der verholzten Pflanzen in den Fugen entsteht. Dies konnten mit den Mitteln der Vereine nicht bekämpft werden.

Der BUND fühlte sich in seiner Einschätzung bestätigt, fand jedoch keine Alternativlösung, wie man dem fortschreitenden Bewuchs Herr werden könne. Eine Alles in Allem unbefriedigende Situation von der schlussendlich auch die obere Denkmalbehörde Kenntnis bekam. Da man die Burg Königstein sicher als eine der bedeutendsten Burganlagen ihrer Zeit bezeichnen kann, war das Interesse von Behördenseite groß, zu einer Lösung beizutragen.

Gemeinsame Gespräche führten schließlich zwangsläufig zum Startschuss des jetzt abgeschlossenen Projektes, das seiner Art nach bisher einmalig ist.

Die vier genannten Vereine bekamen die Möglichkeit in der Anfangsphase mit Fachleuten aus unterschiedlichen Bereichen, der Steinkonservierung, der Biologie, des Denkmalschutzes und mit Historikern zu diskutieren, selbst Vorschläge zu unterbreiten und sich bei der Gestaltung und Umsetzung des Projektes einzubringen. Auch das bereits vorhandene Wissen über die Burg, das über viele Jahre stets bei den Vereinen umfangreicher geworden war, wurde als hilfreich und förderlich gesehen.

So wurden gemeinsame Pflorgetreffen in Absprache mit der UNB und der Umweltbeauftragten der Stadt angesetzt, der BUND machte den Vorschlag der Ziegenbeweidung und stellte auch gleich den Kontakt zum Talhof her. Gemeinsam rückte man dem Grün auf der Burg zu Leibe, jedoch nur an den vorher abgesprochenen Stellen. Die Mäharbeiten durch die Thüringer Waldziegen, einer bedrohten Nutztier rasse, erwies sich als Glücksgriff und wahrer Publikumsmagnet.

Dass ökologische Belange und denkmalpflegerische Notwendigkeiten durchaus miteinander harmonieren, zeigt dieses Projekt. Die erfolgreiche, grenzüberschreitende Zusammenarbeit zwischen Vereinen, Ehrenamt, Fachleuten und Hauptamt der Kommune, des Kreises und der Projektleitung, hat auch gezeigt, dass sich der Einsatz gesamtgesellschaftlich lohnen kann. Die Akzeptanz für die Vorstellungen des jeweils anderen, sind akzeptiert und verstanden worden. Das eine mittelalterliche Burganlage nicht wieder in ihre Epoche zurückversetzt werden kann und dass sich die Zeiten geändert haben, ist nachvollziehbar, muss aber auch vermittelt werden. Kompromissbereitschaft von allen Seiten ist dabei unerlässlich

Als Mitglied des Burgvereins, des BUND Königstein-Glashütten, ehrenamtliche Stadträtin und Dezernentin für Grünangelegenheiten, sehe ich dieses Projekt ein gelungenes Beispiel, wie Wissen und Engagement gebündelt werden kann, um ein gutes Miteinander zu erreichen. Für ein Sanierungskonzept, dessen Finanzierung und Umsetzung nun unmittelbar folgen muss und eine noch viel größere Herausforderung sein wird, sollte daher die Kooperation mit ehrenamtlich tätigen Bürger*innen und Vereinen wieder gesucht werden. Nur so lässt sich die Akzeptanz in der Bevölkerung auch für unbequeme Entscheidungen herstellen.

Dass es geht, Denkmal- und Naturschutz in Einklang zu bringen, hat das von der Bundesstiftung Umwelt geförderte Leuchtturmprojekt mit Pilotcharakter gezeigt. Insbesondere die innovativen und interdisziplinären Arbeiten können nun als Startschuss für die Umsetzung der Erhaltung dieser großartigen Burganlage genutzt werden.



Abb. 16: Ziegen warten auf ihren Einsatz, vierbeinige Mäher am Burghügel.



Abb. 17: Info an alle.



Abb. 18: Positiv in die Zukunft schauen.

Bildnachweis: Holger Friedel, Königstein und die Autorin des Beitrags.

