

Paul Bellendorf

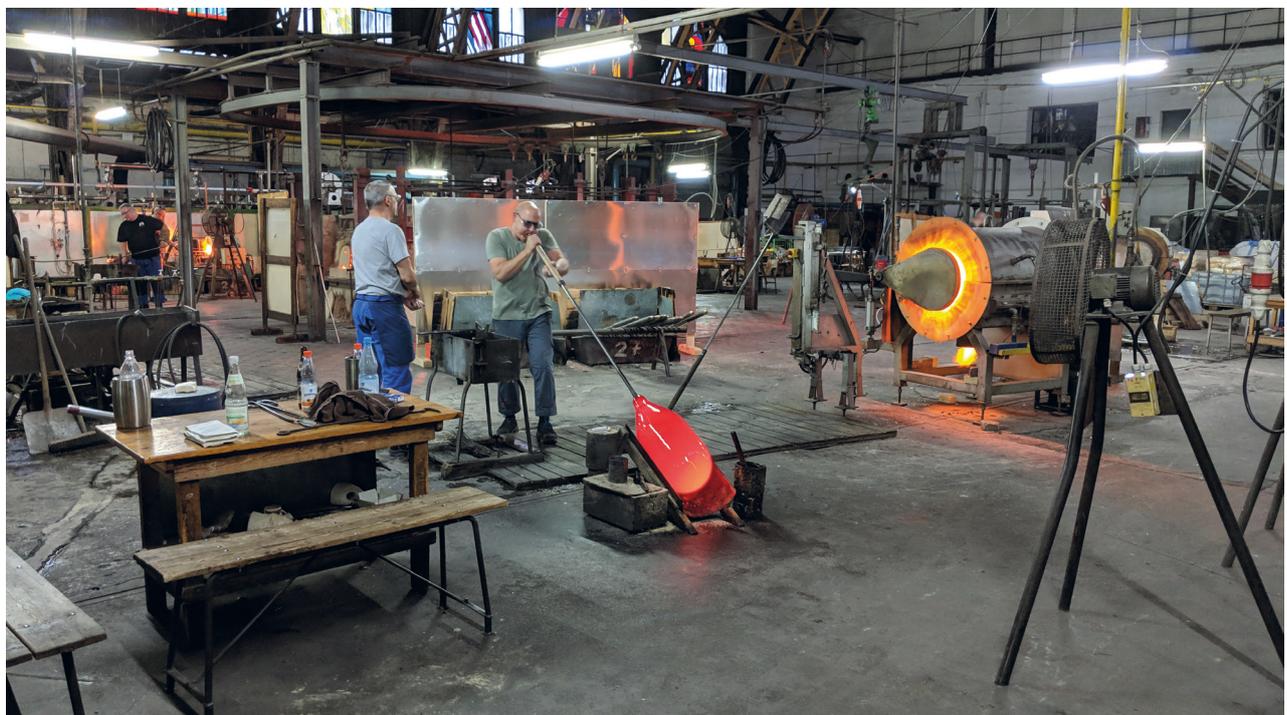
Denkmalschutz und Ressourcenschutz: Denkmale und historische Profanverglasungen unter dem Gesichtspunkt der „Ziele nachhaltiger Entwicklung“

Das Holz ist geschlagen, der Stein gebrochen, die Erze gewonnen und aufbereitet, die Rohstoffe sind transportiert. Die Ressourcen für Bauten des kulturellen Erbes wurden bereits vor geraumer Zeit, oft vor Jahrhunderten oder gar Jahrtausenden, gewonnen und nehmen damit eine besondere Stellung im heutigen Gebäudebestand ein. Wie sie unter dem Gesichtspunkt der Ziele der nachhaltigen Entwicklung der Vereinten Nationen zu bewerten sind, soll im Folgenden diskutiert werden. Dabei wird es in erster Linie um Glas gehen, einen Werkstoff, der in Form von Fenstern erhebliche Bedeutung für das Erscheinungsbild und somit die Authentizität von Gebäuden hat und zudem eine wichtige Ressource darstellt. Im Fokus der Betrachtungen stehen Profanverglasungen aus der Zeit der industri-

ellen Revolution, die bislang sowohl im öffentlichen Bewusstsein, als auch in der Denkmalpflege ein Schattendasein fristen.

Profanverglasungen aus der Zeit der Industrialisierung

Bis zum Beginn der Industrialisierung wurde Flachglas für Fensterverglasungen vor allem mit Hilfe eines Hohlzylinders hergestellt. Dabei wurden die Rohstoffe (Sand, Soda, Kalk)¹ bis zum Schmelzpunkt erhitzt, aus der flüssigen Glasschmelze wurde mit der Glasmacherpfeife ein Posten entnommen und zu einem Zylinder aufgeblasen (Abb. 1). Dann wurden die Ränder, an denen die Glasmacherpfeife angebunden war,



¹ GLASBLÄSER IN DER GLASHÜTTE LAMBERTS BEI DER HERSTELLUNG EINES GLASZYLINDERS, WELCHER ANSCHLIESSEND ZU EINER GLASTAFEL WEITERVERARBEITET WIRD

abgeschnitten und geglättet, der Glaskörper wurde aufgeschnitten und im Streckofen aufgeklappt.² So entstanden Glastafeln in begrenzter Größe. Vor allem durch den Prozess des Aufklappens und anschließenden Glättens der Gläser entstanden charakteristische Verwerfungen im Glas, die zu optischen Unregelmäßigkeiten führten (Abb. 2). Im Zylinderblasverfahren gestaltetes Glas weist darüber hinaus rund- bis spitzovale Luftbläschen als Einschlüsse auf, die aus dem Blasvorgang herrühren.³

Im Zuge der Industrialisierung versuchte man in der Mitte des 19. Jahrhunderts den manuellen Prozess des Zylinderblasverfahrens durch ein maschinelles Zylinderziehverfahren zu ersetzen, d. h. es wurden Maschinen entwickelt, mit denen ein weit größerer



2 ERSCHEINUNGSBILD HISTORISCHEN GLASES: DURCH DIE OPTISCHEN FEHLER IM GLAS WERDEN EIGENTLICH GERADE LINIEN GEBROCHEN UND ERSCHEINEN „VERSCHWOMMEN“

Zylinder als bei der manuellen Produktion hergestellt und dann weiterverarbeitet werden konnte.

Um 1900 hat der belgische Glasingenieur und Fabrikant Emile Fourcault das nach ihm benannte Verfahren des mechanischen Tafelziehens entwickelt. Die Methode beruhte darauf, dass eine aus Schamottsteinen mit einem Schlitz bestehende Düse in die flüssige Glasmasse gedrückt wurde. Durch den dabei entstehenden hydrostatischen Druck wurde diese herausgedrückt und konnte aus der Schmelze nach oben gezogen werden.⁴ Beim Ziehen mittels mehrerer Walzen kühlte sich das Glas langsam ab, sodass am Ende Glastafeln entstanden. Gläser, die nach dem Fourcault-Verfahren hergestellt wurden, können produktionsbedingt z. B. regelmäßig nebeneinander liegende Streifen oder Rillen aufweisen.⁵

Auch das Libbey-Owens-Verfahren basierte auf dem Ziehen von Glas aus der flüssigen Schmelze. Hier wurde das Glasband aber, nachdem es vertikal aus der Schmelze gezogen worden war, um 90° in die Horizontale umgelenkt und anschließend auf Rollen in einen Kühllofen weitergeführt. Ab 1915 wurde mit diesem Verfahren marktgerechtes Glas produziert.⁶ Aufgrund des Herstellungsprozesses zeigt Glas, welches nach dem Libbey-Owens-Verfahren hergestellt wurde, wellige Strukturen in Querrichtung.⁷

In den 1930er Jahren kam das Pittsburgh-Verfahren zur Herstellung von Flachglas auf. Es beruhte ebenfalls auf dem Ziehen von Glas aus der Schmelze nach oben, im Gegensatz zum Fourcault-Verfahren wurde aber anstatt der fehleranfälligen Düse ein knapp unter der Glasoberfläche schwimmender Balken eingesetzt, der die Glasströmungen unter der Abzugsstelle stabilisierte.⁸ Da es sich hierbei ebenfalls um ein Ziehverfahren handelt, können auch mit dem Pittsburgh-Verfahren hergestellte Gläser, bedingt durch die Rollen im Ziehprozess, charakteristische Wellungen aufweisen.

Die Einführung von Floatglas im Jahr 1960 stellte eine Revolution der Flachglasindustrie dar, mit der die älteren Verfahren nahezu vollständig verdrängt wurden. Das Floatglasverfahren stellt bis heute den avancierten Stand der Technik dar. Bei dieser Methode fließt die geschmolzene Glasmasse kontinuierlich über einen Lippenstein auf ein flüssiges Zinnbad. Dort breitet sich das Glas aus, wird mittels eines Kühlkanals abgekühlt, auf Fehler kontrolliert und auf die gewünschte Größe geschnitten. Floatglas ist völlig eben, weist keine Wellungen auf und besitzt in der Regel auch sonst keinerlei Unregelmäßigkeiten, wie z. B. Blasen.

Die vorgestellten Entwicklungen von dem zu Beginn der Industrialisierung noch üblichen Hohlzylinderverfahren bis hin zum heutigen Floatglas, welches seit den 1960er Jahren die Architektur maßgeblich prägt, sind

wichtige Zeugnisse der Zeit- und Technikgeschichte. Diese gehen verloren, wenn es bei Umbau- und Sanierungsarbeiten zum Austausch historischer Verglasungen kommt. Darüber hinaus büßen die Gebäude ihr ursprüngliches Erscheinungsbild ein, da das heutige Austauschglas im Gegensatz zum Originalglas völlig perfekt ist und keinerlei Unregelmäßigkeiten aufweist.

Ziele der nachhaltigen Entwicklung

Unter dem Schlagwort „Sustainable Development Goals“, kurz SDGs, hat die Generalversammlung der Vereinten Nationen in New York im November 2015 neue Richtlinien für eine lebenswerte Umwelt verabschiedet. Im Deutschen firmieren diese unter dem Titel Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung.⁹ Bei den SDGs handelt es sich um die Post-2015-Agenda, welche die Millennium-Development Goals ablösen. Diese bestanden aus acht Kernzielen, galten von 2000–2015 und richteten sich vor allem an die Entwicklungsländer.¹⁰

Die Agenda 2030 für eine nachhaltige Entwicklung ist an die gesamte Staatengemeinschaft adressiert und will drei Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung

vorantreiben: die wirtschaftliche, die soziale und die ökologische. Insgesamt wurden 17 Ziele mit 169 Unterzielen vereinbart,¹¹ welche von entscheidender Bedeutung für die Menschheit, für den Planeten, für Wohlstand, Frieden und Partnerschaft sind.¹² Die SDGs zielen damit weltweit auf alle Bereiche der Gesellschaft. Eine Übersicht über die 17 Ziele findet sich in Abb. 3. Die Unterziele umfassen 107 inhaltliche Ziele und 62 konkrete Umsetzungsmaßnahmen.

Mehrere Unterziele betreffen direkt oder indirekt den Erhalt des Kulturerbes. Im Folgenden werden einige herausgegriffen und im Detail vorgestellt, die das Kulturerbe allgemein oder insbesondere Profanverglasung aus der Zeit der Industrialisierung betreffen.

Erhalt des Weltkultur- und Weltnaturerbes

Im Ziel 11 *Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten* findet sich das Unterziel 11.4 *Die Anstrengungen zum Schutz und zur Wahrung des Weltkultur- und -naturerbes verstärken*.¹³ Die Generalversammlung der Vereinten Nationen fordert damit die gesamte Staatengemeinschaft auf, mehr für den Erhalt des weltweiten Welt-



kultur- und -naturerbes zu unternehmen. Die gewählte Formulierung schränkt das Handeln dabei nicht auf bereits gefährdete Stätten ein, sondern appelliert generell an alle.

Stätten, die aufgrund ihrer Einzigartigkeit, Authentizität und Integrität weltbedeutend sind, können auf Vorschlag des Partnerlandes hin von der UNESCO den Titel Welterbe verliehen bekommen. Die Auszeichnung basiert auf dem Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt, welches von der Generalversammlung der Vereinten Nationen 1972 verabschiedet wurde.¹⁴ Die UNESCO-Organisation hat heute 193 Mitgliedstaaten und 10 assoziierte Mitglieder.¹⁵

Weltkultur- und -naturerbestätten, die in ihrem Bestand bedroht und gefährdet sind, werden gemäß Artikel 11.4 der UNESCO-Welterbekonvention auf einer „Liste des gefährdeten Erbes der Welt“ geführt.¹⁶ Stand Mitte 2019 werden 53 der insgesamt 1121 Welterbestätten als bedroht geführt.¹⁷ Hierzu zählen z. B. die Medina von Zabid im Jemen, wo viele der historischen Bauten nicht mehr genutzt werden und durch Betonbauten ersetzt werden,¹⁸ oder die durch den Krieg in Syrien gefährdeten Altstädte von Aleppo,¹⁹ Bosra²⁰ oder Damaskus.²¹ Aber auch das historische Zentrum von Wien steht auf der Liste, dessen hervorragender universeller Wert („outstanding universal value“, kurz OUV) durch einen geplanten 66 Meter hohen Neubau gefährdet ist.²²

Bereits bei der Bewerbung für den Welterbestatus müssen die Antragsteller einen Pflege- und Managementplan vorlegen, wie das Weltkultur- oder -naturerbe in Zukunft erhalten werden kann. Damit sollten alle gelisteten Stätten die Grundvoraussetzungen für den Erhalt erfüllen. Wie die auf der roten Liste stehenden Stätten aber zeigen, können nicht alle diese hohen Erwartungen erfüllen. Vor allem der Klimawandel bedroht das Kulturgut. So gehen 72 % der Vertragsstaaten der UNESCO-Welterbekonvention davon aus, dass Schäden an ihren Objekten durch den Klimawandel verursacht wurden.²³ Hinzu kommen Eingriffe des Menschen in und um die Welterbestätten, die das Erbe direkt oder auch indirekt bedrohen, indem sie seinen OUV nachhaltig beeinträchtigen. Als Beispiel sei hier das Dresdner Elbtal genannt, dessen Integrität durch den Bau der „Waldschlösschenbrücke“ so stark beeinträchtigt wurde, dass die UNESCO der Stadt 2006 den Welterbetitel entzog.²⁴

Das Unterziel 11.4 fordert also die gesamte Staatengemeinschaft der Erde dazu auf, die Anstrengungen zum Erhalt des Weltkultur- und -naturerbes zu intensivieren. Für Bauten aus der Zeit der Industrialisierung bedeutet dies, dass bei ihnen ihre historische Ver-

glasungen besondere Aufmerksamkeit verdient. Unter den deutschen Welterbestätten gilt dies z. B. für das Faguswerk in Alfeld²⁵ oder das Bauhaus und seine Stätten in Weimar, Dessau und Bernau.²⁶

Energieeffizienz

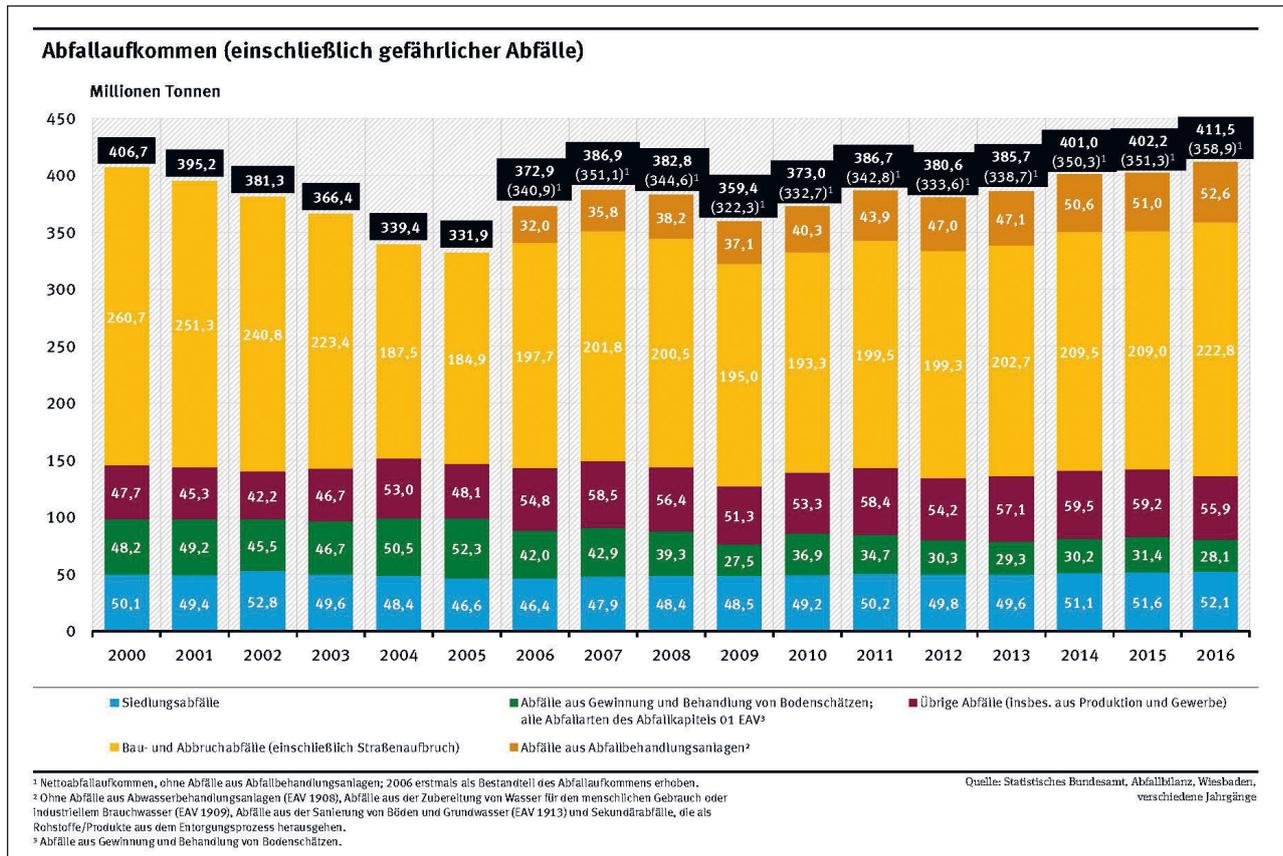
Das Ziel 7, Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern, beinhaltet die als Unterziel 7.3 formulierte Forderung, „bis 2030 die weltweite Steigerungsrate der Energieeffizienz [zu] verdoppeln“.²⁷ Unter Energieeffizienz versteht man den sparsamen Gebrauch und die optimale Ausnutzung verfügbarer Energie. Die zum Erreichen eines bestimmten Nutzens benötigte Energie soll so gering wie möglich sein.

Für die Denkmalpflege ist die Optimierung der Energieeffizienz eine große Herausforderung. Der Einbau effizienter Heizungsanlagen in denkmalgeschützten Gebäuden, in denen der Verbrauch von Heizenergie zumeist deutlich höher ist als in modernen Neubauten, wäre mit den Anforderungen der Denkmalpflege vereinbar. Durch eine konsequente Abdichtung der Gebäudehülle könnte der Energiebedarf solcher Gebäude minimiert werden, allerdings geht dies in der Regel nur zu Lasten des Gebäudecharakters. Eine zentimeterdicke Außendämmung hätte sowohl einen Einfluss auf die Gebäudekubatur als auch auf das äußere Erscheinungsbild, da sie von außen sichtbare Konstruktions- oder Schmuckelemente verdecken und die Proportionen des Gebäudes verändern würde. Auch Innendämmungen sind aufgrund von historischen Ausstattungen in der Regel nicht möglich.

Für Verglasungen aus der Zeit der Industrialisierung ist die Forderung nach Energieeffizienz geradezu existenzbedrohend! Aufgrund der Anforderungen zur Energieeinsparung werden solche Scheiben heutzutage vielerorts rücksichtslos entfernt. Hier bedarf es dringend neuer Konzepte, wie solche Scheiben erhalten und möglichst energetisch ertüchtigt werden können.²⁸

Das Denkmal kann und muss trotz allem seinen Beitrag zum Erreichen von Ziel 7.3 leisten. Dies kann durch eine moderate Optimierung der Gebäudehülle, z. B. durch eine Dämmung von Kellerdecken oder von Dachgeschossen sowie durch einen Austausch von technischen Anlagen durch moderne, energieeffiziente Systeme erfolgen.

Aktuell schneiden Denkmale bei der Bilanzierung ihrer Energieeffizienz in der Regel noch schlecht ab, insbesondere im Vergleich mit modernen Null- oder gar Plusenergiehäusern. Mittelfristig sollte generell eine Betrachtung der Energieeffizienz weg von Einzel-



4 ABFALLAUFKOMMEN IN DEUTSCHLAND

gebäuden hin zu Quartieren erfolgen. Es sollten nicht nur Heizungsanlagen über mehrere Gebäudekomplexe hinweg geplant und verbaut werden, sondern auch der gesamte Energieverbrauch auf Quartiersebene betrachtet werden. Im Quartier werden sich in Zukunft vermehrt sowohl energieerzeugende als auch energieverbrauchende Gebäude nebeneinander finden, die gemeinsam bewertet werden müssten. In der Mischkalkulation könnte dem Denkmal dann eine niedrigere Energieeffizienz zugestanden werden.

Effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen und Abfallvermeidung

Die nachhaltige Bewirtschaftung und effiziente Nutzung der natürlichen Ressourcen (12.2) und die Reduzierung des Abfallaufkommens durch Vermeidung, Verminderung, Wiederverwertung und Wiederverwendung (12.5) sind als Maßnahmen in Zusammenhang mit Ziel 12 *Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen* vorgesehen.²⁹

Unter Punkt 12.2 wird gefordert, dass verstärkt natürliche Rohstoffe in den unterschiedlichen Berei-

chen des produzierenden Gewerbes zum Einsatz kommen sollen. Weiterhin sollen die natürlichen Ressourcen nachhaltig erwirtschaftet werden und nicht auf einem System der Ausbeutung der Natur beruhen, wie es heute z. B. die Produktion von Palmöl darstellt, für die große Flächen des Regenwaldes gerodet werden.

Die gewonnenen natürlichen Ressourcen sollen so eingesetzt werden, dass sie möglichst lange im System bleiben und am Ende des Lebenszyklus wiederverwendet werden können. Demgemäß wird unter Punkt 12.5 die Forderung erhoben nach Verringerung und Vermeidung von Abfall bzw. der Wiederverwertung und -verwendung von Ressourcen.

Das Abfallaufkommen in Deutschland lag im Jahr 2016 bei 411,4 Mio. Tonnen (Abb. 4). Ein entscheidender Anteil von ca. 54,16 % (222,8 Mio. Tonnen) entfiel dabei auf Bau- und Abbruchabfälle, einschließlich solche des Straßenaufbruchs. Davon sind ca. 85 % dem Bodenaushub zuzuweisen, der überwiegend weiterverwendet werden konnte.³⁰ Zu den übrigen Abfällen zählen vor allem mineralische Bauabfälle, die heute vielfach ebenfalls recycelt bzw. weiterverwendet werden können. Aber nicht für alle anfallenden mineralischen

Baustoffen existieren bereits bundesweit zugelassene Recyclingverfahren. Insbesondere die Wiederverwendung von Beton ist ein kompliziertes und aktuell noch mit vielen Hürden verbundenes Problem. Will man das Ziel einer geschlossenen Kreislaufwirtschaft erreichen, kommt dem Baugewerbe aufgrund der großen Mengen an anfallendem Abfall eine entscheidende Rolle zu. Im Neubau muss der Anteil an wiederverwendbaren Materialien natürlichen Ursprungs deutlich gesteigert und es müssen neue Systemen zum Recycling von Bestandsbaumaterialien entwickelt werden.

Bauten des kulturellen Erbes können diesbezüglich ein Vorbild sein. Sie bestehen in der Regel fast vollständig aus nachhaltigen, da natürlichen Rohstoffen. Denkmale haben eine Standzeit von mehreren Jahrhunderten. Die zu ihren Bauzeiten gewonnenen Ressourcen wurden optimal genutzt, da sie über mehrere Generationen hinweg im Einsatz waren und sind. Durch die extrem lange Lebensdauer in Kombination mit der Verwendung von natürlichen Ressourcen sind historische Gebäude somit Musterbeispiele dafür, wie im Sinne der unter Paragraph 12.5 formulierten Forderung Abfall vermieden bzw. verringert werden kann, wie Gebrauchsgüter länger in Nutzung verbleiben können und wie die verwendeten Materialien nach dem Ende der Lebensdauer fast vollständig dem Recycling zugeführt werden könnten.

Gläser aus dem Baubereich, auch solche aus der Zeit der Industrialisierung, nehmen hier allerdings eine Sonderstellung ein. Aufgrund der häufig nicht genau bekannten Zusammensetzung von Verglasungen und den Beschichtungen moderner Gläser können diese in der Regel nicht einem hochwertigen Recycling zugeführt werden. Bereits geringe Anteile von Verunreinigungen können in einer Glasschmelze zu unerwünschten Verfärbungen führen, sodass recyceltes Architekturglas für die Produktion von hochwertigem Glas in der Regel nicht geeignet ist.

Biologische Vielfalt erhalten

Als Ziel 15 sind die Forderungen formuliert: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen. Im fünften Unterziel wird gefordert: „Umgehende und bedeutende Maßnahmen [zu] ergreifen, um die Verschlechterung der natürlichen Lebensräume zu verringern, dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende zu setzen und bis 2020 die bedrohten Arten zu schützen und ihr Aussterben zu verhindern“.³¹

Bauten des Kulturerbes sind von diesem Thema in zweifacher Hinsicht betroffen: Zum einen können Bau- und insbesondere Bodendenkmäler als Lebensraum für seltene und geschützte Arten dienen, zum anderen steht der Bausektor allgemein in enger Verbindung zum Thema „Sand“.

Viele Denkmale sind aufgrund ihrer heute selten gewordenen, da z. T. offenen und ‚unperfekten‘ Bauweise einzigartige Rückzugs- und Lebensräume für unterschiedliche Tier- und Pflanzenarten. So können beispielsweise offene Fugen eines Mauerwerks von Festungsanlagen als Lebensraum für Wildbienen dienen.³² Kaltdächer, also unbeheizte Dachwerke, von Kirchen oder Schlössern sind vielfach wichtige Winterquartiere und Wochenstuben für unterschiedliche Fledermausarten. Solche Quartiere stehen als Flora-Fauna-Habitate unter besonderen Schutz.³³ Baumaßnahmen sind dann nur noch nach Abstimmung mit der Naturschutzbehörde möglich, sehr zum Verdruss vieler Denkmaleigentümer.

Voreilige und monodisziplinäre Restaurierungs- und Sanierungsmaßnahmen am baukulturellen Erbe können zu einem unwiederbringlichen Verlust von wichtigen ökologischen Nischen führen. Deshalb ist vor allem bei Objekten, die in enger Verbindung von Kultur und Natur stehen, ein offener interdisziplinärer Austausch zwischen den unterschiedlichen Fachdisziplinen notwendig.³⁴

Sand ist zu einem der bedeutendsten Wirtschaftsfaktoren weltweit geworden, mit einem Handelsvolumen von geschätzt ca. 40 bis 50 Mrd. Tonnen pro Jahr. Über die Hälfte davon geht in den Baubereich.³⁵ Die immense Bedeutung von Sand liegt darin begründet, dass dieser eine kapitale Ressource für die Betonherstellung ist. Eigentlich ist er ausreichend in den Wüsten unserer Erde verfügbar, doch nur Sand aus Flüssen, aus Deltas und von Küsten ist für das Baugewerbe nutzbar. Im Gegensatz zum Wüstensand ist er in der Regel von größerer Körnung und vor allem scharfkantiger, was dem Beton die gewünschte Festigkeit verleiht.

Die Vorkommen für den verwertbaren Bausand sind aber just auch besondere ökologische Nischen. Die Ressourcengewinnung stellt daher in der Regel einen Eingriff in wichtige Rückzugs- und Lebensräume von seltenen Tier- und Pflanzenarten dar. Vor allem in den Entwicklungsländern findet darüber hinaus ein vielfach nicht legitimierter Abbau von Sand statt. In diesen Fällen besteht nicht einmal die Chance, die dort lebende Flora und Fauna zu dokumentieren oder im Falle einer Abbaugenehmigung diesen so umweltverträglich wie möglich zu gestalten. Der Abbau von Sand für die Betonherstellung ist damit vielerorts maßgeblich für den Verlust biologischer Vielfalt verantwortlich.

Sand ist aber nicht nur eine der wesentlichen Ressourcen von Beton, sondern auch von Glas. Die Zusammensetzung von dem heute üblichen Kalk-Natron-Glas ist über alle Herstellungstechniken hinweg immer sehr ähnlich. Der Anteil an Siliciumdioxid (SiO_2) beträgt etwa 75 %. Die weiteren Hauptbestandteile sind etwa 15 % Natriumoxid (Na_2O) als Flussmittel und 10 % Calciumdioxid (CaO) als Stabilisator.³⁶ Sand ist also auch bei der Glasherstellung die wichtigste Ressource. Daher waren im Mittelalter Sand und Holz als Energieträger die beiden Leitressourcen für die Auswahl des Standortes von Glashütten. Für die Herstellung von transparentem Glas ist vor allem die Reinheit des Sandes wichtig. Die Produktion von Glas bedarf des Abbaus von Sand und ist damit auch für Eingriffe in die Lebensräume von seltenen Tier- und Pflanzenarten verantwortlich. Jedes Gebäude aber und jedes Glasfenster, welches länger in Nutzung steht und nicht fahrlässig abgerissen oder ausgetauscht wird, verringert den Bedarf an dieser Ressource.

Fazit

Die Ziele der nachhaltigen Entwicklung betreffen alle Bereiche unseres Lebens und klammern auch das baukulturelle Erbe nicht aus. Historische Gebäude stellen vielfach eine wichtige Ressource dar. Sie überliefern Wissen um das Wirken und Handeln unserer Vorfahren. Darüber hinaus sind sie auch eine vorbildliche Ressource im Sinne der Ziele der nachhaltigen Entwicklung der Vereinten Nationen. Derartige Bauten bestehen fast ausschließlich aus natürlichen Ressourcen, die nach dem Ende eines Lebenszyklus (von oft mehreren hundert Jahren) zum größten Teil in den Rohstoffkreislauf zurückgeführt oder weitergenutzt werden können. Die nüchterne Energiebilanz eines Denkmals ist zwar im Vergleich zu Null- oder Plusenergiehäusern per se schlechter, allerdings tragen die historischen Bauten auch einen ideellen und kulturhistorischen Wert in sich, zum anderen können sie die schlechtere Energiebilanz über die reine Standzeit und die bereits aufgebrauchten Ressourcen zum Bau zumindest teilweise egalieren. Historische Bauten stellen darüber hinaus vielfach wichtige ökologische Nischen dar, die Neubauten in dieser Form konstruktionsbedingt niemals erfüllen können.

Historische Verglasungen aus der Zeit der industriellen Revolution sind wichtige Zeugnisse der Technik- und Wirtschaftsgeschichte. Aufgrund der Anforderungen der Energieeffizienz sind Verglasungen aus dieser Zeit in ihrem Bestand aber aktuell akut bedroht und werden vielerorts durch moderne

Glassysteme ausgetauscht. Aufgrund der unbekanntem Glaszusammensetzung werden die ausgebauten Gläser aber nicht einem hochwertigen Recycling zugeführt, sondern, wenn überhaupt, zu minderwertigem Glas weiterverarbeitet.

Im Sinne der Ziele der nachhaltigen Entwicklung ist festzuhalten, dass sowohl das baukulturelle Erbe im Allgemeinen und Gläser aus der Zeit der industriellen Revolution im Besonderen wertvolle Dienste leisten. Die verwendeten Ressourcen basieren auf natürlichen Rohstoffen und sollten möglichst lange im Einsatz sein. Zusammenfassend lässt sich somit konstatieren: Denkmalschutz ist aktiver Ressourcenschutz!

- 1 Durch Zugabe von unterschiedlichen Salzen und/oder Metallen in die Schmelze kann das Glas in nahezu jede Farbe eingefärbt werden.
- 2 Zur Methode des Zylinderglasverfahrens siehe beispielsweise: Theophilus Presbyter: *De diversis Artibus*, um 1125. Das zweite Buch behandelt die mittelalterliche Glasherstellung und die Gestaltung von Glasfenstern. In Kapitel VI (*Quomodo operentur vitreae tabulae – Auf welche Weise Glastafeln hergestellt werden*) wird das Zylinderblasverfahren erklärt. Nachzulesen in der deutschen Übersetzung von Erhard Brephol: *Theophilus Presbyter und das mittelalterliche Kunsthandwerk 1. Malerei und Glas*, Köln 1999, S. 148ff. Carl Wigand Tabor: *Versuch einer ausführlichen Anleitung zur Glasmacherkunst für Glashüttenbesitzer und Camera-listen. Zweyter oder praktischer Theil*. Frankfurt am Main, 1818, [online], verfügbar unter: <https://digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/173246/1/0/> (27.09.2019). Zum Zylinderblasverfahren siehe ebda., S. 173ff. Eine Übersicht über die verschiedene Öffnungsmöglichkeiten des Zylinders bei Verena Kaufmann: *Archäologische Funde einer spätmittelalterlichen Glaserwerkstatt in Bad Windsheim*. Handwerk, Handel und Geschichte, Bad Windsheim 2010, S. 34.
- 3 KAUFMANN 2010, S. 34 (wie Anm. 2)
- 4 Walther König: *Fensterglas*, in: W. König / Lambert von Reis / Rudolf Simon (Hrsg.): *Flachglas*. Leipzig 1934, S. 3-19, zur Düse besonders S. 7-8; Günther Nölle: *Technik der Glasherstellung*. 3. Aufl. Stuttgart, 1997, S. 142-149; Alfred Wendler: 10. Kapitel: *Maschinen zur Verarbeitung von Glas*, in: Robert Dralle (Hrsg.): *Die Glasfabrikation*, 2 Bde., München/Berlin 1911, Bd. 2. Unter Mitarbeit von Gustav Keppeler, S. 803–1045, S. 998-1015.
- 5 KÖNIG 1934 (wie Anm. 4), S. 16-19; Victor Caimann: *Formfehler im Flachglas*, in: Hans Jebsen-Marwedel / Rolf Brückner (Hrsg.): *Glastechnische Fabrikationsfehler, „pathologische“ Ausnahmezustände des Werkstoffes Glas und ihre*

- Behebung; eine Brücke zwischen Wissenschaft, Technologie und Praxis, 4. Aufl. Berlin 2011, S. 454.
- 6 Winfried Glocker / Renate Gerheuser: *Glastechnik*, Bd. 3: Flachglas, 2. Aufl. München 2017, S. 60; KÖNIG 1934 (wie Anm. 4), S. 19-31; Antonin Smrcek: Evolution of the compositions of commercial glasses 1830 – 1990, in: *Glass science and technology*, 78, Frankfurt 2005, S. 173–184; Michael Cable: The Development of Flat Glass Manufacturing Processes, in: *Transactions of the Newcomen Society*, 74, 2004, S. 19–43; Mark Spoerer / Albert Busl / Heinz W. Krewinkel: 500 Jahre Flachglas 1487-1987. Von der Waldhütte zum Konzern, Schorndorf 1988, S. 116-121; Hermann Thiene: *Glas*, Bd. 2, Jena 1939, S. 801-803.
 - 7 KÖNIG 1934 (wie Anm. 4), S. 30–31; CAIMANN 2011 (wie Anm. 5), S. 454-455.
 - 8 KÖNIG 1934 (wie Anm. 4), S. 33-34.
 - 9 Vereinte Nationen: Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015, Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, A/RES/70/1 [online], verfügbar unter: <http://www.un.org/ar70001.pdf> (19.08.2019), S. 1.
 - 10 Vereinte Nationen: Millenniums-Erklärung der Vereinten Nationen [online], verfügbar unter <https://www.unric.org/html/german/millennium/millenniumerklarerung.pdf> (19.08.2015).
 - 11 VEREINTE NATIONEN 2015 (wie Anm. 9), S. 1.
 - 12 VEREINTE NATIONEN 2015 (wie Anm. 9), S. 2.
 - 13 VEREINTE NATIONEN 2015 (wie Anm. 9), S. 23.
 - 14 VEREINTE NATIONEN: Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt [online], verfügbar unter https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-02/UNESCO_WHC_%C3%9Cbereinkommen%20Welterbe_dt.pdf (19.08.2019).
 - 15 <https://en.unesco.org/countries>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 16 VEREINTE NATIONEN 1972 (wie Anm. 14) S. 7.
 - 17 Eine Liste der gefährdeten Welterbestätten findet sich unter <http://whc.unesco.org/en/danger/>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 18 <http://whc.unesco.org/en/list/611>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 19 <http://whc.unesco.org/en/list/21>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 20 <http://whc.unesco.org/en/list/22>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 21 <http://whc.unesco.org/en/list/20>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 22 <http://whc.unesco.org/en/list/1033>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 23 Roland Bernecker: Vom Garten Eden zum Raumschiff Erde, in: Michael Rohde (Hrsg.): *Historische Gärten im Klimawandel*, Leipzig 2014, S. 22.
 - 24 World Heritage Committee: Decisions adopted at the 31st session of the World Heritage Committee (Christchurch, 2007) [online], verfügbar unter <https://whc.unesco.org/archive/2007/whc07-31com-24e.pdf> (19.08.2019), S. 37.
 - 25 <http://whc.unesco.org/en/list/1368>, abgerufen am 19.08.2019.
 - 26 <http://whc.unesco.org/en/list/729>, abgerufen am 19.08.2019. Von der Problematik im denkmalpflegerischen Umgang mit Verglasungen von Bauten aus dem 20. Jahrhundert berichten z. B. Winfried Brenne / Steffen Adam: Umgang mit Glas bei der Rekonstruktion von Werken des Neuen Bauens, in: Franz Graf / Francesca Albani (Hrsg.): *Il vetro nell'architettura del XX secolo conservazione e restauro*, Medrisio 2010, S. 140-159.
 - 27 VEREINTE NATIONEN 2015 (wie Anm. 9), S. 20.
 - 28 Die Universität Bamberg bearbeitet zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz aufgelegten Programms das Projekt Innovative Lösungen für die energetische Ertüchtigung historischer Gläser und Glasfenster – Praxisversuche in der Alten Schöfflerei, Kloster Benediktbeuern; Projeklaufzeit 2018–2021, AZ TLK01U-64547.
 - 29 VEREINTE NATIONEN 2015 (wie Anm. 9), S. 24.
 - 30 Umweltbundesamt: Abfallaufkommen [online], verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/abfallaufkommen#textpart-1> (19.08.2019).
 - 31 VEREINTE NATIONEN 2015 (wie Anm. 9), S. 26f.
 - 32 Stefan Beyer / Andreas Schmiedinger / Christian Strätz / Theo Blick / Alexander Kroupa / Alexander Ulmer / Matthias Hammer / Andreas Zahn / Eduard Hertel / Dietrich Förster: Gefährdete Arten und ihr Lebensraum am Standort Denkmal, in: Rainer Drewello / Andreas Schmiedinger / Rolf Snethlage (Hrsg.): *Zwischen Denkmalschutz und Naturschutz. Leitfaden zur naturverträglichen Instandhaltung von Mauerwerk in der Denkmalpflege*, Berlin 2010, S. 38f.
 - 33 Daniela Fleischmann / Insa Christiane Hennen / Jeannine Meinhardt / Martin Biedermann / Inken Karst / Wigbert Schorcht / Holger Niewisch / Martin Hellmann: Historische Gebäude als biodiverser Lebensraum und Objekt der Denkmalpflege. Abschlussbericht (AZ 31386), 2016, [online], verfügbar unter <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-31386-01.pdf> (19.08.2019).
 - 34 Siehe hierzu z. B. die durch die DBU geförderten Modellvorhaben einer ökologischen Mauerwerksanierung an der Veste Rosenberg in Kronach (AZ 11036) und am Jüdischen Friedhof Berlin Weißensee (AZ 36970).
 - 35 United Nations Environment Programme (UNEP): Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources [online], verfügbar unter: https://unepgrid.ch/sand/Sand_and_sustainability_UNEP_2019.pdf (19.08.2019), S. 3.
 - 36 Helmut Schaeffer / Roland Lanfeld: *Werkstoff Glas. Alter Werkstoff mit großer Zukunft*, Wiesbaden 2014, S. 46.