

53. H. Wenzel, Der Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges zwischen Dill und Diemel. Festschrift für Alfred Philippson, Leipzig und Berlin 1930, S. 81—97.
54. A. Winkler, Das jüngere Entwicklungsbild der Ostalpen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde Berlin, 1926, S. 381—398.
55. A. Winkler, Über die Zusammenhänge zwischen geologischer und geomorphologischer Gebirgsentwicklung am Südostende der Zentralalpen im Jungtertiär. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde Berlin, 1928, S. 315—331.
- Die S. 331 erwähnte Arbeit von G. Frebold: „Die Oberflächengestaltung des Brockengebietes“ erscheint im Jahrb. d. Geogr. Ges. Hannover, 1932.

## Verwitterungserscheinungen an Bausteinen.

Von Dr. Alois Kieslinger, Dozent an der Technischen Hochschule in Wien.  
(Mit 6 Abbildungen.)

Verwitterung ist die Anpassung der Gesteine — die fast durchwegs unter anderen Temperatur-Druck-Bedingungen entstanden sind oder wenigstens ihre letzte Prägung erfahren haben — an die Verhältnisse der Erdoberfläche, d. i. einfachen Atmosphärendruck, Reichtum an Kohlensäure, Sauerstoff, Wasser, in den Großstädten auch Schwefelsäure. Diese Vorgänge sind unvermeidlich, verlaufen aber unter Umständen so langsam, daß sie praktisch für uns bedeutungslos werden.

Das Ziel der bautechnischen Verwitterungsforschung ist es also, verlässliche Kennzeichen für genügend wetterfeste Baustoffe zu finden und Verfahren auszuarbeiten, welche an schon bestehenden Gebäuden und Denkmälern den Ablauf der Zerstörungen auf ein unvermeidliches Mindestmaß verlangsamen.

Die chemischen und physikalischen Vorgänge bei der Baugesteinsverwitterung weichen vielfach von den Erscheinungen in der freien Natur in unseren Zonen ab. Dagegen haben sie viele Ähnlichkeit mit Vorgängen, die man bis vor kurzem als bezeichnend für Wüstenverwitterung gehalten hat. In neueren Arbeiten wurde die große Verbreitung der angeblichen Wüstenerscheinungen nachgewiesen. Kaiser hat<sup>1</sup> hervorgehoben, daß die alte, vorwiegend klimatologische Auffassung der Verwitterungsvorgänge den Erscheinungen nicht ganz gerecht wird, daß vielmehr die örtlichen Umstände, die Gesteinsbeschaffenheit, Durchfeuchtung usw. mindestens ebenso wichtig sind. Man könne nicht von kleinen Inseln abweichenden Klimas sprechen, vielmehr seien diese Abweichungen eben auf Besonderheiten des Untergrundes usw., nicht auf ein beson-

<sup>1</sup> E. Kaiser, Über edaphisch bedingte geologische Vorgänge und Erscheinungen. Sitzber. Bayr. Akad. Wiss. Mathem.-naturw. Abteil. 1928, pp. 37—70.

deres Klima zurückzuführen. Er hat zur Bezeichnung solcher Ausnahmen einen in der Pflanzengeographie üblichen Ausdruck verwendet und spricht von „edaphisch“ bedingten Erscheinungen. Diese spielen nun gerade bei den Gebäuden eine besonders große Rolle.

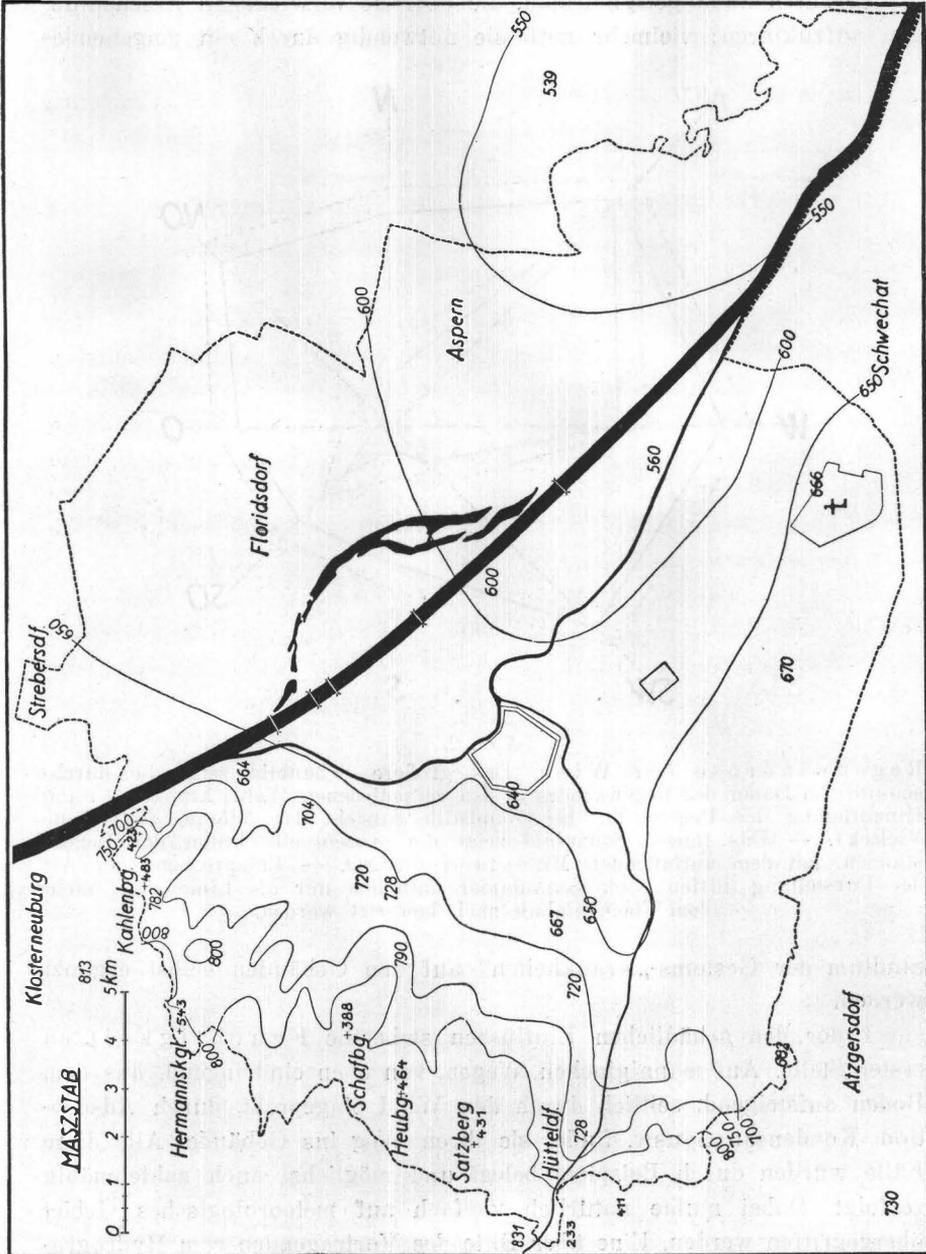


Abb. 1. Regenhöhenkarte von Wien.

Die durchaus verschiedene Erhaltung der gleichen Gesteine am selben Bauwerk, ja eines und desselben Steines auf verschiedenen Seiten, zeigt mit aller Deutlichkeit, daß die grundlegend wichtige gesteinskundliche Untersuchung und die mechanisch-technologischen Prüfverfahren allein nicht geeignet sind, die überaus verwickelten Erscheinungen aufzuklären; vielmehr muß sie notwendig durch ein eingehendes

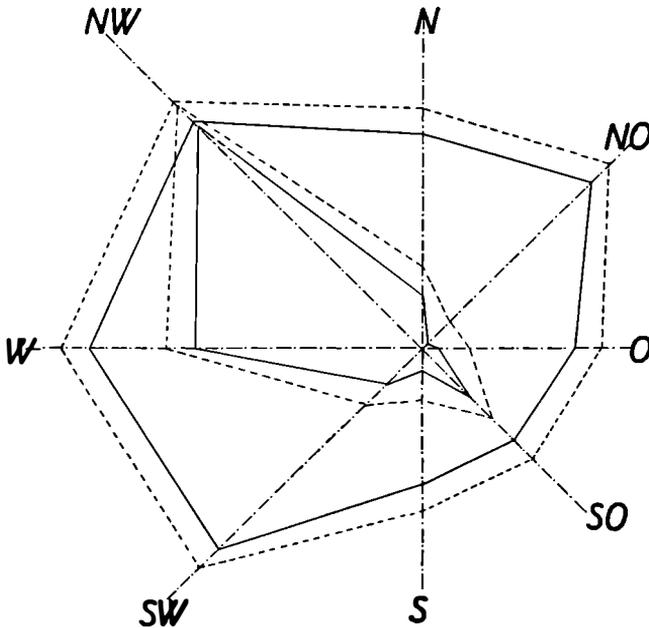


Abb. 2.

Regenwindrose für Wien. Das größere Schaubild zeigt die durchschnittliche Dauer des Regenwindes in den verschiedenen Weltrichtungen (durch Hinzufügung der Regenzeiten bei Windstille entsteht das äußere, gestrichelte Vieleck). — Das innere Schaubild zeigt die prozentuale Dauer der Regenzeiten, mit dem auffallenden Mindestwert für NO. — Entsprechend der Art der Darstellung dürfen beide Schaubilder natürlich nur als Linienzüge, nicht dem Flächeninhalt nach bewertet werden.

Studium der Gesteins-„Krankheiten“ auf den Gebäuden selbst ergänzt werden.

Unter den schädlichen Einflüssen steht die Feuchtigkeit an erster Stelle. Auf mannigfachen Wegen, von oben eindringend, aus dem Boden aufsteigend, seitlich durch den Wind eingepreßt, durch Adsorption, Kondensation usw. findet sie ihren Weg ins Gebäude. Alle diese Fälle wurden durch Beispiele belegt und möglichst auch zahlenmäßig verfolgt. Dabei mußte natürlich vielfach auf meteorologisches Gebiet übergegriffen werden. Eine über Bitte des Vortragenden vom Hydrogra-

phischen Zentralbüro entworfene Regenhöhenkarte für Wien (Abb. 1) hat die Gewißheit gebracht, daß sich die absolute Regenmenge nicht auf die Abhängigkeit von der Höhe beschränkt, sondern daß einzelne Teile der Stadt, besonders das Wiental, mehr, andere weniger Regen empfangen, als ihnen der Höhenlage nach zukommt.

Der Winddruck ist außerordentlich wirksam, umso mehr, als die Regenwinde überaus unregelmäßig verteilt sind und in Wien ein sehr scharfes Maximum, die „Wetterseite“, haben (Abb. 2. Ganz anders liegen die Verhältnisse z. B. für Athen, vgl. Abb. 6). Zahlenmäßig ist er weniger auffällig. 97% aller Winde halten sich unter einem Druck von einem Tausendstel at. Einer der wirksamsten Schädlinge ist die aufsteigende Grundfeuchte. Der Mechanismus ihres Aufsteigens, ein Zusammenwirken von Kapillarität und Diffusion, wurde im einzelnen besprochen. Die Feuchte steigt solange, bis die durchfeuchtete Fläche so groß ist, daß sich zwischen der Verdunstung und der Nachfuhr von unten Gleichgewicht einstellen kann. Eine unzuweckmäßige Isolierung hat also nur die Folge, das Wasser noch höher hinaufzutreiben.

Unter den vielfachen Verfallserscheinungen der Gesteine überwiegt eine „Krankheit“ weitaus alle andern, das ist die **Krustenbildung**. Sie hat große Ähnlichkeit mit der Entstehung der bekannten Wüstenrinden (die aber chemisch ganz abweichend sind). Durch das Hin- und Herwandern der Feuchte in den äußeren Teilen des Gesteins, den „Feuchtigkeitsrhythmus“ (Schadler), werden Stoffe im Innern des Gesteins gelöst und an die Oberfläche gebracht, wo sich wenigstens ein Teil von ihnen anreichert. Oft kommt es zu mehrfachen Krusten, „rhythmischen Lösungen und Fällungen“ im Sinne von Liesegang, ein Beweis für die Diffusionsnatur dieser Vorgänge. Der Vortragende hat für die verschiedenen Arten von Krusten, die bisher nicht auseinander gehalten worden waren, entsprechende Bezeichnungen eingeführt. Die wichtigsten sind „Innen-“ und „Außenkruste“. Letztere entwickelt sich nur an regengeschützten Stellen. Der Krustenbildung wohnt eine lebhafteste Selbstverstärkung inne. Die Gegenmaßnahmen der praktischen Denkmalpflege müssen also in erster Linie auf Beseitigung und Verhinderung der gefährlichen Krustenbildung abzielen. In der Hauptsache geschieht dies durch verschiedene Reinigungsverfahren. Anstriche von Steinen sind nichts anderes als künstliche Krusten und daher schädlich.

Von besonderer Wichtigkeit sind auch die **Rauchschäden**. Sie haben keine spezifische Wirkung, keine bezeichnenden Symptome, sind aber durch chemische Prüfung leicht festzustellen. Sie wirken außerordentlich beschleunigend auf die Krustenbildung ein. Daraus erklärt sich die Tatsache, daß Denkmäler aus dem gleichen Stein in kleinen

Landorten ein ungleich höheres Lebensalter erreichen als in der Großstadt. Die landläufige Bezeichnung als schwefelige Säure trifft insofern nicht zu, als sich diese sehr rasch zu Schwefelsäure oxydiert. Die Mengen derselben betragen für Wien 8 bis 10.000 Waggonkonzentrierter Säure im Jahr. Durch diese erschreckende Zahl werden die Schäden an Baustoffen begreiflich. Die waagrechte Verbreitung ist natürlich von den Winden abhängig. Groß sind die Unterschiede nicht, weil immer eine lebhaft Luftmischung auftritt. Auch der Kohlensäure-

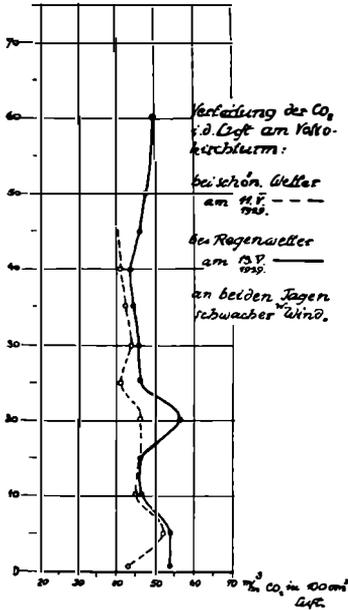


Abb. 3. CO<sub>2</sub>-Gehalt bei schönem und bei regnerischem Wetter.

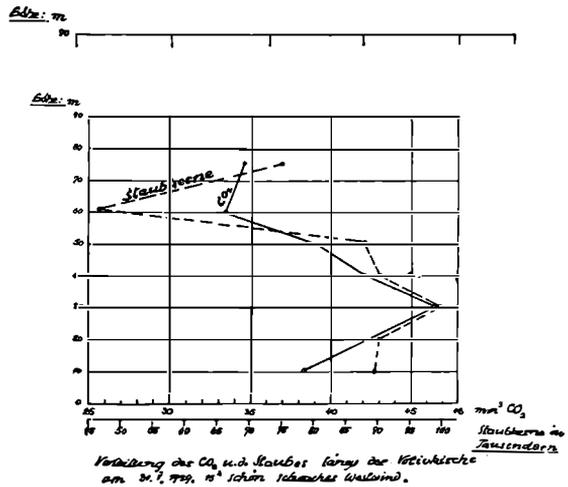


Abb. 4. Verteilung von Kohlensäure und Staub.

gehalt ist recht gleichmäßig, übrigens in Wien nicht höher als auf dem freien Lande draußen (0,04 Volumprozent). Die lotrechte Verbreitung wurde auf Bitte des Vortragenden von Prof Dr. W. Schmidt und seinen Mitarbeitern eingehend untersucht. Auch hier zeigt sich eine lebhaft Durchmischung, so daß die vielfach behauptete Anreicherung der Rauchgase in bestimmten Höhen nur ausnahmsweise vorübergehend zustande kommt. Die Schwankungen in der gleichen Höhe zu verschiedenen Tagesstunden sind größer als die Schwankungen in verschiedenen Höhen zur gleichen Zeit. Alle diese Verhältnisse wurden durch Diagramme (vgl. Abb. 3 und 4) und Zahlentafeln belegt. Die Wirkung der Rauchgase wird durch den Regen weitgehend kompensiert, weil er die Gebäude wäscht. So kommt es, daß — wenigstens bei Natursteinen — die Wetterseiten weitaus besser erhalten sind als die geschützten Stellen.

Eine weitere Schadenquelle ist die Frostwirkung. Maßgebend ist die Häufigkeit des Auftauens, der „Nulldurchgänge“. Sie betragen für Wien nach der Lufttemperatur im Jahresdurchschnitt 52. An den Steinen selbst, wenigstens auf der Sonnseite, erhöht sich diese Zahl durch Strahlungsvorgänge. Die Gesteine der Votivkirche z. B. sind an der Oberfläche viele tausend Male gefroren. Die Frostwirkung ist also eine typische Dauerbeanspruchung, ihre Folge „Dauerbrüche“. Entgegen irrümlichen Angaben muß erinnert werden, daß sich das Eis bei weiterer Ab-

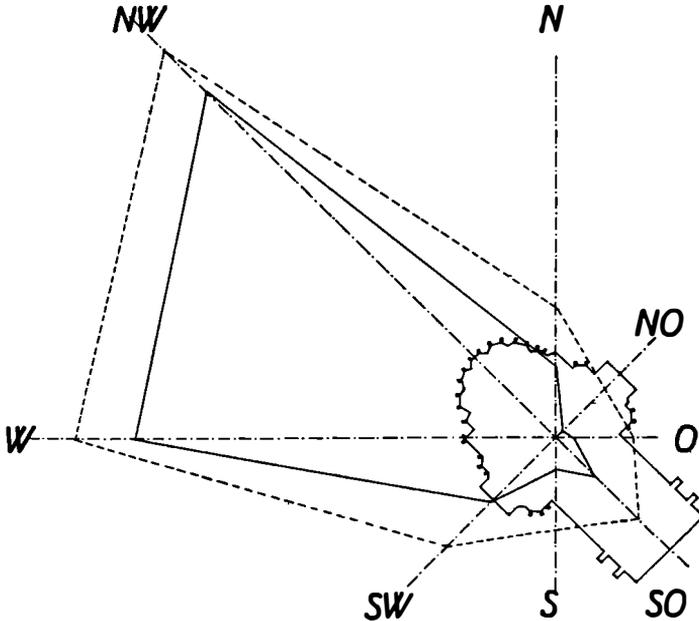


Abb. 5. Regenwindrose von Wien, darin der Grundriß der Votivkirche eingezeichnet.

kühlung nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht, daß es also bei  $0^{\circ}$  sein größtes Volumen hat.

Auch bloße Temperaturunterschiede, ohne Frost, können zu Schäden führen. Es fehlt auch nicht Zersprengung durch Insolation. Endlich wurde die Wirkung von Hitze auf Gesteine erläutert.

Ein weiteres Gebiet sind die Schäden durch Organismen, die im allgemeinen mehr interessant als gefährlich sind. Von Bedeutung sind nur die Beschädigungen durch Taubenkot.

Zu diesen „natürlichen“ oder „unmittelbaren“ Schäden gesellen sich dann noch „technische“, durch mannigfache bauliche Mißgriffe hervorgerufen. Weitans am wichtigsten davon ist die Zersprengung von Steinen durch rostendes Eisen.

Eine der sonderbarsten Folgen einseitiger Erwärmung sind die dauernden Durchbiegungen von Steinen, die selbst an massiven Marmorobelisken auftreten.

Das Hauptarbeitsgebiet des Vortragenden, die gesteinskundliche Untersuchung der einzelnen Arten unserer Bausteine, wurde im Rahmen dieses Vortrages nur kurz angedeutet. Auch auf die praktischen Maßnahmen zur Behebung und Verhütung der Schäden und auf die Ein-

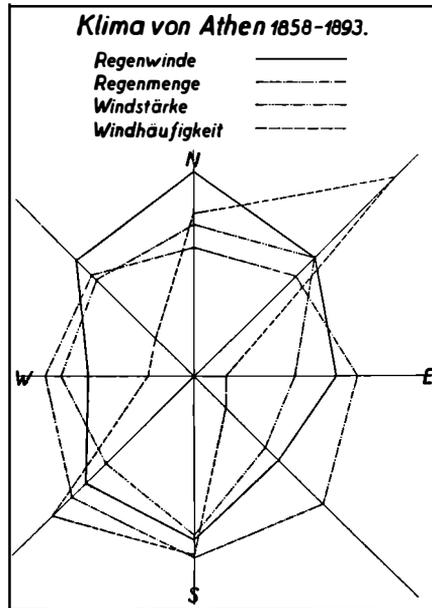


Abb. 6.

gliederung dieser Studien in die praktische Denkmalpflege, wurde nur übersichtlich hingewiesen.

#### Literatur:

Eine zusammenfassende Darstellung ist in Buchform erschienen:

„Zerstörungen an Steinbauten, ihre Ursachen und ihre Abwehr.“ 346 pp, 291 Abb.  
Leipzig und Wien 1932, Verlag Deuticke.

Von älteren Arbeiten des Vortragenden möge erwähnt werden:

1929.

Verwitterungserscheinungen an Wiener Monumentalbauten.

Zeitschrift Öst. Ingenieur- u. Architektenverein 1929, Heft 41/42, p. 413—416.

Die Färbemethoden in der Gesteinsuntersuchung.

Geologie und Bauwesen 1 Wien 1929, 5 pp.

1930.

Über Plattenverkleidung an Hochhausbauten.

Architektur und Bautechnik 17 Wien 1930, Heft 8, p. 113—119, abgedruckt in: Die Bau- und Werkkunst 6 Wien 1930, Heft 8.

Überblick über die Ursachen der Verwitterung an Bauwerken.

Monatsschrift „Wiener Bauhütte“ 24 Wien 1930, Heft 4 und 5, pp. 31—33, 38—41, 9 Abb.

Verwitterungserscheinungen an Wiener Monumentalbauten.

Die Denkmalpflege 1930, Heft 3, p. 128—132, 7 Abb.

Pflanzenwuchs auf Wiener Gebäuden.

Architektur und Bautechnik 17 Wien 1930, Heft 16, p. 249—254, 5 Abb.

Holzwespen durchbohren Bleiplatten.

Die Umschau 34 Frankfurt a. M. 1930, Heft 29, p. 589 f., 3 Abb.

Verwitterung im Innern von Gebäuden, ihre Ursachen und ihre Bekämpfung.

Architektur und Bautechnik 17 Wien 1930, Heft 19, p. 293—310, 20 Abb.

Die Wiener Stadtauben und ihr Einfluß auf Gebäude.

Naturschutz 11 Neudamm-Berlin 1930, Heft 12, p. 332—336, 8 Abb.

Verwitterungserscheinungen an Marmor und dichtem Kalkstein.

Architektur und Bautechnik 17 Wien 1930, Heft 23 und 27, pp. 336—371, 444—454, 25 Abb.

Rost zerstört die Bausteine.

Die Umschau 34 Frankfurt 1930, Heft 41, p. 827—830, 6 Abb.

Die Sturmschäden an den Wiener Kirchen.

Reichspost vom 25. XI. 1930.

1931.

Neuere Untersuchungen über Rauchschiäden an Bausteinen.

Forschungen und Fortschritte 7 Berlin 1931, Nr. 2, p. 33 f.

Das Volumen des Eises.

Geologie und Bauwesen 1931, Heft 4, 9 pp., 5 Abb.

Raumgewicht, Porosität und Wasseraufnahme.

Geologie und Bauwesen 1931, Heft 4, 5 pp., 1 Abb.

Krustenbildung an Bausteinen.

Der Bautenschutz 2 Berlin 1931, Heft 3, 25—29, 6 Abb.

Gebogene Steine.

Die Umschau 35 Frankfurt 1931, Heft 22, p. 436 f., 4 Abb.

Die bautechnische Bedeutung der Krustenbildung.

Bautenschutz 2 Berlin 1931, Heft 9, p. 97—100, 4 Abb.

Zur Befestigung von Glasplatten an Wänden.

Österr. Bauzeitung 7 Wien 1931, Heft 37, p. 525.

Der „Wiener Sandstein“ als Baumaterial.

Architektur und Bautechnik 18 Wien 1931, Heft 24, p. 380—390, 12 Abb.

Wetterfestigkeit von keramischen Baustoffen.

Die Bau- und Werkkunst 7 Wien 1931, Heft 15, 10 pp., 8 Abb.

Schäden an Grabsteinen, ihre Ursachen und ihre Verhütung.

Architektur und Bautechnik 18 Wien 1931, Heft 29, p. 456—465, 15 Abb.

1932.

Bautechnische Notizen zur Restaurierung der Wiener Hofburg.

Die Denkmalpflege 1932, Heft 3, p. 114, 2 Abb.

Die Restaurierung am Stephansturm vollendet.

Architektur und Bautechnik 19 Wien 1932, Heft 1, p. 14—16, 4 Abb.

Etwas von der Wetterseite.

Allgemeine Bauzeitung 9 Wien 1932, Nr. 324.

Ein interessanter Fall von aufsteigender Grundfeuchte.

Architektur u. Bautechnik 19 Wien 1932, Heft 6, p. 84 f., 2 Abb.

Behebung und Verhütung der Krustenbildung an Bausteinen.

Bautenschutz 3 Berlin 1932, Heft 5, p. 58—61, 6 Abb.

Bautechnisches Bilderbuch.

Architektur und Bautechnik 19 Wien 1932, Heft 3 bis 24.

## Ethnologische Forschungen des Dr. Emil Holub in Südafrika in den Jahren 1872—1879 und 1883—1887.

Von J. V. Želízko.

Am 21. Februar 1932 waren 30 Jahre seit dem Tode des Afrikaforschers Dr. Emil Holub verstrichen und 60 Jahre sind vergangen, seit er seine erste Reise als junger Arzt mit bescheidenen Mitteln und sehr mangelhaften Sprachkenntnissen im Jahre 1872 antrat, voller Zuversicht und Hoffnung auf einen glücklichen Erfolg seiner Pläne: das damals noch wenig bekannte Innere Südafrikas allseitig wissenschaftlich zu durchforschen. In dieses Jahr fällt auch der 85jährige Geburtstag des Forschers.<sup>1</sup>

Die erste, sieben Jahre dauernde Reise (1872—1879) führte Holub durch die südlichen Gebiete verschiedener Bantustämme nach Transvaal und zu den Nambwewasserfällen des Zambesi. Die Resultate dieser in drei Intervallen unternommenen Forschungsreise publizierte Holub in mehreren kleineren und größeren Schriften, sowie in einem zweibändigen, populären Reisewerke „Sieben Jahre in Südafrika“ (Wien 1880—1881).

Der zweiten, vierjährigen Reise (1883—1887), auf der Holub ganz Afrika quer von Kapstadt bis nach Ägypten durchwandern wollte, wurde durch den feindlichen Angriff der wilden Maschukulumbe bei Galulonga, nördlich vom Zambesi, ein vorzeitiges Ende bereitet und die Expedition Hclubs zur Rückreise gezwungen. Die Ergebnisse dieser zweiten Reise schilderte Holub hauptsächlich im zweibändigen Werke „Von der Capstadt ins Land der Maschukulumbe“ (Wien 1888—1890).

<sup>1</sup> Dr. Emil Holub wurde am 7. Oktober 1847 in Holitz bei Pardubitz in Böhmen geboren und starb am 21. Februar 1902 in Wien. Vgl. Nachruf Mitteil. Geograph. Ges. Wien 45. Bd. 1902 S. 99 f. und 1904 S. 234 f.