

Fugenabdichtung: rheologische und festigkeitstechnische Probleme

Autor(en): **Kühne, Hellmut**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **91 (1973)**

Heft 23: **Ausstellung Bau und Architektur 73, Bern, 20. bis 27. Juni**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-71899>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

und hygroskopischen Dehnungskoeffizienten nahe an die wirklich auftretenden Verschiebungen herankommen, besonders, wenn man sie mit realen Messungen in einer Ebene vergleicht, die rund 10 mm hinter der Fassadenoberfläche liegt.

Bei diesen Werten sind aber bisher kaum die sich aus statischen Beanspruchungen (zum Beispiel Wind) ergebenden Formänderungen einbezogen, die bei wenig biegesteifen Bauteilen (zum Beispiel Glasscheiben) eine erhebliche Rolle spielen können. Es wird daher ohne weitere, eingehendere Messungen bzw. spezifischere Berechnung kaum das Einführen von ausreichenden Sicherheitsfaktoren umgangen werden können. Auch bestehen bisher fast nur Messungen an Betonelementen.

Verlauf der Bewegungen

- a) Infolge der Reibungen verlaufen die sich aus den thermischen und hygroskopischen Dimensionsänderungen ergebenden Bewegungen nicht stetig, sondern ruckweise. Bei normalen Fassadenelemente-Fugen geht dieser Vorgang in vielen kleinen, bei Gebäude-Dilatationen eher in wenigen, grossen Stufen vor sich.
- b) Die mittlere Bewegungsgeschwindigkeit liegt im Massivelementbau ganz summarisch gesehen in der Grössenordnung von 0,05 bis 1,0 mm/h, jedoch können während der ruckweisen Stufenbewegung wesentlich höhere, zeitlich begrenzte Bewegungsgeschwindigkeiten auftreten.
- c) Aus statisch-mechanischen Beanspruchungen der Bauteile (zum Beispiel durch Wind) und durch Erschütterungen (zum Beispiel aus Strassenverkehr) sind auch hohe Bewegungsgeschwindigkeiten anderer Grössenordnung möglich. Messungen über diese Vorgänge sind im Gang, aber noch nicht greifbar (W. Bartels). Die bisher in der Literatur gemachten Angaben scheinen sich ausschliesslich auf die Einflüsse der Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen sowie irreversibler Vorgänge (Abbindung, Alterung) zu beziehen.

Literaturverzeichnis

[1] R. von Halasz und G. Tantom: Grosstafelbauten, Konstruktion und Berechnung. Bauingenieur-Praxis, Heft 55. Wilh. Ernst & Sohn, Berlin/München 1966.

- [2] K. Altman: Das Verhalten des Betons bei Einwirkung von Feuchtigkeit. Dissertation. Technische Universität, Berlin 1968.
- [3] E. Grunau: Fugen und Verfüngsmassen im Hochbau. «Kunststoffe im Bau» 1967, Heft 5, S. 48–58.
- [4] E. Grunau: Fassade und Wasserhaushalt in der Wand. Verlagsgesellschaft Rudolf Müller. Köln-Braunsfeld 1967.
- [5] A. H. Walter: Die Versiegelung von Fugen im Fertigbau. AB Nordstroem & Sjoegren, Malmö 1968.
- [6] H. Künzel: Die Bewegungen in Fugen zwischen vorgefertigten Aussenwandplatten. Betonstein-Zeitung 34, 1968.
- [7] International Council for Building Research, CIB: Studies and Documentation Weathertight joints for walls (12 vorgelegte Berichte mit Diskussionsergebnissen). Norwegian Building Research Institute, Oslo 1968.
- [8] W. Bartels: Fugenbewegungen, Fugenabdichtungen. «Bau-Gazette» Nr. 5, Sept. 1969.
- [9] E. Cziesielski: Konstruktion und Dichtung bei Aussenwandfugen im Beton- und Leichtbetontafelbau. Bauingenieur-Praxis, Heft 50. Wilh. Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf 1970.
- [10] G.-W. Misko: Fugenausbildung bei grossformatigen Aussenwandplatten – Probleme der Fugenausbildung und Materialprüfung. Diplomarbeit an der Fakultät für Bauingenieurwesen, Abteilung Bau- und Verkehrswesen, Technische Universität Berlin, 1970.
- [11] H. Künzel: Gasbeton, Wärme- und Feuchtigkeitsverhalten. Bauverlag GmbH, Wiesbaden/Berlin 1971.
- [12] W. Bartels: Prüfung und Beurteilung von Fugendichtungsmassen für den Hochbau. Isotech AG, Winterthur, ohne Datum.
- [13] W. Bartels: Scherbewegungen der Fugen. «Bau-Gazette» Nr. 6, Nov./Dez. 1971.
- [14] A. H. Walter: Abdichtung von Bewegungsfugen im Fertigbau. AB Nordstroem & Sjoegren, Malmö 1972.
- [15] R. Sagelsdorff: Bauphysikalische Grundlagen. Vorlesungsautographie ETH, Juli 1968.
- [16] H. Kühne: Putty joints on windows. Basic consideration about factors affecting their tightness. Beitrag zum RILEM-Meeting of working group «Synthetic resins in building», 3./4.12.1969 (Veröffentlichung EMPA Dübendorf).
- [17] H. Kühne: Über das Verziehen von Türblättern aus Holz und Holzwerkstoffen. «Novopan-Nachrichten» Nr. 58/60 (1962/63).
- [18] SIA-Normentwurf Nr. 181. Norm für Schallschutz im Wohnungsbau. Ausgabe 1972.
- [19] SIA-Norm Nr. 160. Norm für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten. Ausgabe 1970.
- [20] SIA Nr. 180. Empfehlung für Wärmeschutz im Hochbau, Ausgabe 1970.

Fugenabdichtung

Rheologische und festigkeitstechnische Probleme

Von Prof. H. Kühne, EMPA Dübendorf¹⁾

Um rheologische und festigkeitstechnische Betrachtungen über Fugendichtungen anstellen zu können, ist es notwendig, sich zunächst Rechenschaft über die möglichen Verschiebungen zwischen den gegenseitig zu dichtenden Bauelementen abzugeben²⁾. In Bild 1 sind die wichtigsten Fälle von elementaren Bewegungen zusammengestellt, die bei Fugen zwischen Bauteilen vorkommen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich in Wirklichkeit zumeist mehrere dieser Bewegungen überlagern. Zudem kann der Fall (4) sowohl durch gegenseitige Parallel-Verschiebung entstehen, als auch durch Torsionsbewegungen ausgelöst werden.

Es ergibt sich zunächst, dass *Beanspruchungen des Dichtungsmaterials auf Druck, Zug und Schub* auftreten. Dasselbe gilt natürlich auch für die an den Dichtungsstoff angrenzenden

¹⁾ Ergänzt und erweiterte Fassung eines Vortrages, gehalten an der Tagung «Ausbildung von Fugen und deren Abdichtung» der SIA-Fachgruppe für industrielles Bauen (FIB) in Zürich am 25. Januar 1973.

²⁾ Siehe auch «Bauphysikalische Beanspruchungen an Baufugen», Vortrag des gleichen Referenten auf S. 554 dieser Ausgabe.

den Baumaterialien, sofern eine Haftung zwischen Dichtungstoff und Baumaterial besteht. Ist dies nicht der Fall, wie beispielsweise bei der Verwendung von nicht in den Baumaterialien verankerten Elastomerprofilen, so kann es sich nur um die Einleitung von Druckkräften handeln, da sonst die Dichtungsfunktion gar nicht erfüllt werden kann. In den *Haftungsflächen* treten Schubkräfte parallel zur Fugenebene und Zugkräfte senkrecht zu denselben auf.

Hinsichtlich Festigkeit sind immer drei Teile zu beurteilen, nämlich das schwächere, angrenzende Baumaterial, der Dichtungsstoff und die Berührungsfläche (Haftfläche) zwischen Baumaterial und Dichtungsstoff.

Von grosser Wichtigkeit sind ferner die Einspannungsverhältnisse des Dichtungsmaterials. Je mehr Bewegungsfreiheit das Dichtungsmaterial hat, um so kleiner sind die auftretenden Spannungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Dichtungsmaterial in der Regel in Fugenlängsrichtung festgehalten ist, wodurch die Monaxialität der Spannungszustände weitgehend eliminiert wird. Es ist Sache der Fugenausbildung

DK 691.58

bildung, dafür zu sorgen, dass diese Einschränkung der Bewegungsfreiheit nicht durch ungünstige Ausbildung der Haftflächen noch weitere Hemmungen erfährt, welche die Spannungen erhöhen.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen sei nun auf die rheologischen Eigenschaften der Dichtstoffe, einschliesslich deren Festigkeit eingegangen. Die meisten Dichtstoffe, die heute Verwendung bringen, beruhen auf makromolekularen, organischen Verbindungen, teils Naturstoffen (z.B. Bitumina, Leinöl) teils synthetischen Materialien (z.B. Polysiloxane, Polysulfide, Polyurethane, Polyacrylate u.a., teilweise durch unterschiedliche Härtungs- oder Lösungs- bzw. Dispersionsvorgänge, wie auch unter Umständen durch Füllstoffe in ihren Verarbeitungs- und Anwendungseigenschaften differenziert).

Da diese Materialien neben den allgemeiner bekannten rheologischen Modellen der Elastizität und Plastizität zusätzlich noch anderen Gesetzmässigkeiten folgen, seien in Bild 2 die verschiedenen Elemente des Verformungsverhaltens unterhalb des Bruchvorganges erläutert.

Vor allem sei auf die oft falsch verstandenen Phänomene des verformungsbremsenden Voigt-Verhaltens hingewiesen (siehe Darstellungen D, E und F in Bild 2), die man sich als innere Reibung in makromolekularen Strukturen vorstellen kann. Sie haben eine doppelte Konsequenz:

a) Bei verhältnismässig kurzfristigen mechanischen Versuchen täuschen sie oft eine «Scheinelastizität» vor (angenähert gerades Spannungs-Dehnungsdiagramm), die durch gegen-

seitige Kompensation zwischen den entgegengesetzt gerichteten Voigt- und Maxwell-Formänderungen entsteht.

b) Dabei zeigt sich aber im Gegensatz zur echten Elastizität eine ausserordentlich starke Abhängigkeit von der Verformungs- bzw. Belastungsgeschwindigkeit (siehe insbesondere Bild 2, Diagramm E). Dies bedeutet, dass bei raschen Formänderungsvorgängen die Spannungen bei gleicher Amplitude wesentlich grösser werden als bei langsamen. Je höher die Verformungsgeschwindigkeit, um so grösser der Einfluss der Voigt-Verzögerung und umso kleiner jener der Maxwell-Verformung (genauer ihres Newton-Anteiles).

Diese Betrachtung gilt natürlich in erster Linie für unvernetzte, plastische Dichtstoffe (z.B. Bitumina und Thermomere bzw. Thermoplaste). Sie kann aber auch bei gewissen schwach vernetzten Elastomeren (etwa im Sinne des Diagrammes F, Bild 2) und in begrenzterem Ausmass bei Duromeren Gültigkeit haben. Aus der räumlich vernetzten Idealstruktur der Duromere wäre ein solches Verhalten allerdings nicht ohne weiteres verständlich. Wahrscheinlich geben aber Unregelmässigkeiten in der Strukturausbildung oder auch die Eigenschaften sekundär eingelagerter Zusätze dazu Anlass.

Von praktischer Bedeutung für Dichtungsaufgaben sind diese Formänderungscharakteristiken hauptsächlich in folgender Hinsicht:

- Auftreten des sogenannten «Kaugummieffektes»³⁾ bei weich-plastischen Dichtungsmassen
- Weglaufen von weichplastischen Dichtungsmassen unter dem Eigengewicht bei vertikalen oder nach unten offenen Fugen
- Eventuell ungünstiges Verhalten bei hohen Formänderungsgeschwindigkeiten (z.B. Erschütterungen)
- Relaxationserscheinungen bei ständig unter Druck stehenden Dichtungen (Elastomerprofile).

Weiterhin darf hier nicht unerwähnt bleiben, dass die mechanischen Eigenschaften (Festigkeit und Formänderungsverhalten) bei den meisten dieser Materialien stark temperaturabhängig sind. Viele unter ihnen machen auch unter den Klimaeinflüssen Veränderungen durch. Sie können innert mehr oder weniger langer Zeit das rheologische und festigkeitstechnische Verhalten soweit ändern, dass die Funktionstüchtigkeit der Dichtung in Frage gestellt und eine Erneuerung notwendig wird.

Leider ist es heute noch kaum möglich, zuverlässig vergleichbare, spezifischere Zahlenwerte für die Verformungseigenschaften zu erhalten, die eine umfassende Beurteilung der Eignung, Bemessung und Formgebung von Fugenmaterialien im Bauwesen gestatten. Am ehesten bekommt man noch Grössenordnungen zulässiger Dehnungswerte. Die Angaben liegen in der Regel zwischen etwa 10 und 30%. Früher auf Grund ausschliesslich einachsiger Laborversuche bei mittlerer Normaltemperatur gemachte Angaben von bis zu mehreren 100 Prozenten sind glücklicherweise wieder aus der neueren Dokumentation verschwunden.

Wenn auch heute vieles im Tun ist, lückenhafte und teilweise unrealen Angaben durch brauchbarere Unterlagen zu ersetzen, so bleibt doch noch ein grosses Pensum zu erledigen.

Aus diesem Grunde möchte der Verfasser abschliessend als Richtlinie für die weitere Ergründung der rheologischen und festigkeitstechnischen Grundlagen für Fugendichtungstoffe folgende Empfehlungen aussprechen:

- Versuche sollten nicht einfach als einachsige, normalisierte Laborversuche, sondern in Anlehnung an in der Baupraxis

³⁾ Unter dem Einfluss ständig wechselnder Druck- und Zugbeanspruchungen auftretende, unregelmässige Verformungs- und Spannungsverteilung, die zu progressiven, örtlichen Verjüngungen und allmählichem Aufreissen von Fugenmassen führen kann.

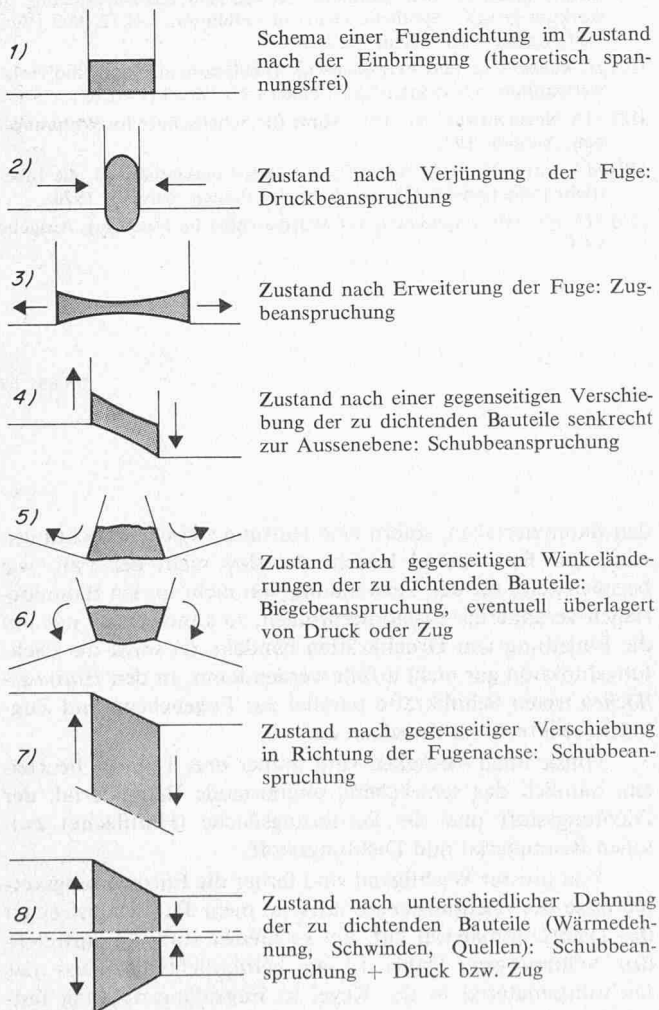
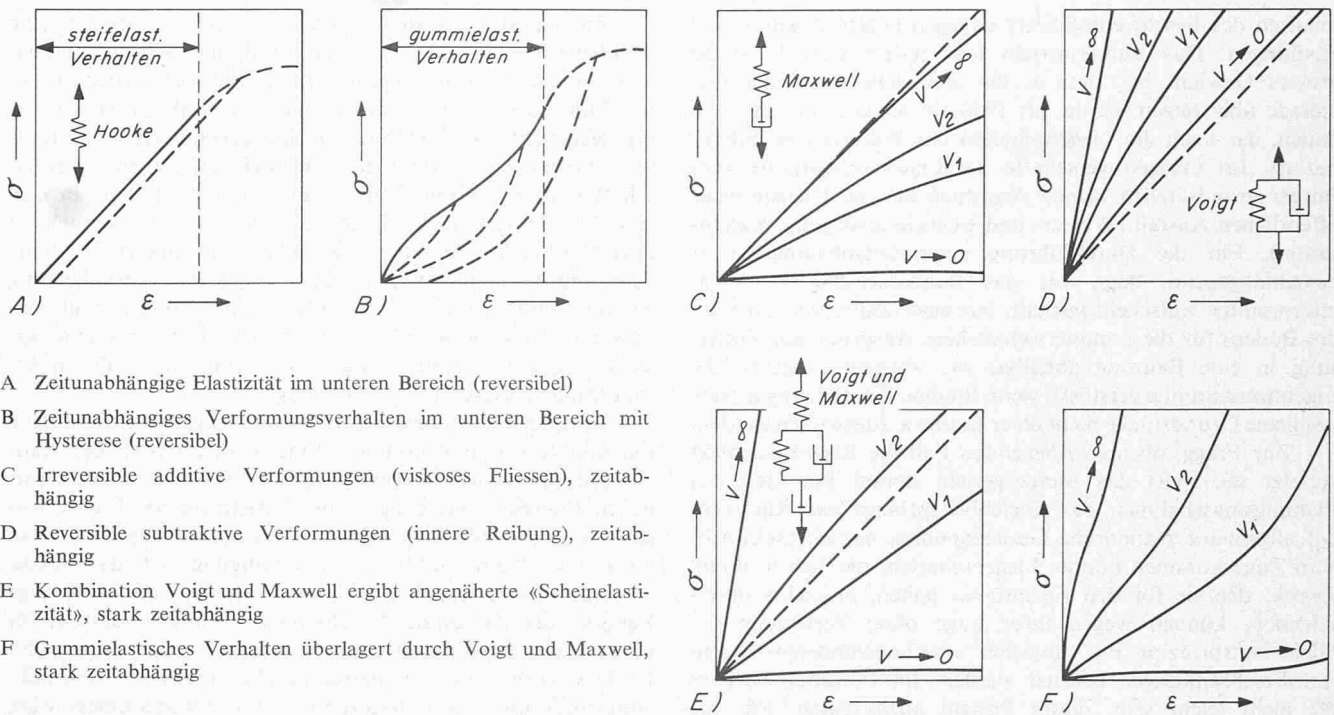


Bild 1. Wichtigste elementare Bewegungen, die bei Fugen zwischen Bauteilen vorkommen



- A) Zeitunabhängige Elastizität im unteren Bereich (reversibel)
- B) Zeitunabhängiges Verformungsverhalten im unteren Bereich mit Hysterese (reversibel)
- C) Irreversible additive Verformungen (viskoses Fließen), zeitabhängig
- D) Reversible subtraktive Verformungen (innere Reibung), zeitabhängig
- E) Kombination Voigt und Maxwell ergibt angenäherte «Scheinelastizität», stark zeitabhängig
- F) Gummielastisches Verhalten überlagert durch Voigt und Maxwell, stark zeitabhängig

Bild 2. Elemente des Verformungsverhaltens von Fugenmaterialien unterhalb des Bruchvorganges. σ = Spannung; ϵ = Formänderung; V = Formänderungsgeschwindigkeit

mögliche Fugenausbildungen durchgeführt werden. Dabei wäre neben den gängigen Elemente-Baumaterialien auch zu berücksichtigen, dass das Fugenmaterial in Längsrichtung keine namhafte Bewegungsfreiheit besitzt.

- Die Versuche sollten eine Variation der Temperatur von etwa -20 bis $+70^\circ\text{C}$, ferner auch eine solche der Formänderungsgeschwindigkeit zwischen etwa $0,01 \text{ mm/Min}$ und 1 m/s^4 vorsehen.
- Veränderungen des mechanischen Verhaltens unter lang andauernder, natürlicher Klimaeinwirkung sind ebenfalls zu ermitteln; dabei muss darauf geachtet werden, dass die Exposition nicht nur in ungespanntem Zustand erfolgt.

⁴) Diese obere Grenze stellt nur eine Grössenordnung dar. Sie sollte durch Messungen erhärtet werden.

Zur Beurteilung gehören aber auch zuverlässige Angaben über die in den Baufugen effektiv auftretenden Bewegungen und deren Amplituden. In diesem Zusammenhang muss man auf die unermüdlichen Bemühungen, insbesondere von *W. Bartels* bei der Isotech AG in Winterthur hinweisen. Einen bescheidenen Beitrag wird auch die EMPA-Holzabteilung leisten, indem sie daran ist, die Bewegungen zwischen Glas- und Holzfensterrahmen genauer zu untersuchen. Die im Ausland in dieser Beziehung ausgeführten Messungen sind wegen ganz anderer Rahmenprofile, teils auch wegen unterschiedlichem Klima nicht ohne weiteres auf unsere Verhältnisse zu übertragen.

Adresse des Verfassers: Prof. *Hellmut Kühne*, Sektionschef, Eidg. Materialprüfungsanstalt (EMPA), 8600 Dübendorf, Überlandstrasse 129.

Grundeigentums- und Planungsinteressen in der Rechtsprechung

DK 711:34

Planung, Eigentumsgarantie und Rechtsgleichheit

Die Einwohnergemeinde R. erliess 1970 einen Zonenplan, der von einem Grundeigentümer beim Regierungsrat wegen Verletzung der Eigentumsgarantie angefochten wurde. Die Beschwerde wurde mit der Begründung abgewiesen, der Ermessensspielraum der Gemeinde im Rahmen des kantonalen Rechtes sei insbesondere beim Erlass von Zonenplänen weit. Die Tatsache, dass die Grundstücke des Rekurrenten nicht in die Bauzone einbezogen worden seien, verletze keine kantonalen Vorschriften. Von diesen Vorschriften ist im Kanton Z. für die Bemessung der Bauzone besonders die Bestimmung des Gesetzes über die Gewässer massgebend, das die Gemeinden verpflichtet, sämtliche gemäss Zonenplan für die Überbauung bestimmten Gebiete innert zehn Jahren, nachdem der Plan in Kraft getreten ist, mit einem Kanalisationsnetz lückenlos zu erschliessen.

Der Grundeigentümer rügte den regierungsrätlichen Entscheid in einer staatsrechtlichen Beschwerde wegen Verlet-

zung der Eigentumsgarantie und der Rechtsgleichheit. Die betreffenden Liegenschaften seien zu Unrecht dem übrigen Gemeindegebiet zugeteilt worden. Sie seien für die landwirtschaftliche Nutzung schlecht, während sie im Unterschied zu anderen eingezonten Grundstücken zur Überbauung gut geeignet seien.

Das Bundesgericht prüft bei einer Beschwerde wegen Verletzung der Eigentumsgarantie die Frage grundsätzlich frei, ob ein überwiegendes öffentliches Interesse an der umstrittenen Eigentumsbeschränkung bestehe. Es übe aber, so wird in diesem Entscheid vom 20. Oktober 1971 betont, Zurückhaltung, soweit es um die Würdigung der örtlichen Verhältnisse und um ausgesprochene Ermessensfragen gehe, was gerade bei der Abgrenzung der Zonen der Fall sei. Die Gemeinde R. habe die Abgrenzung der verschiedenen Bauzonen auf die örtlichen Verhältnisse ausgerichtet, wie sie zuvor gewachsen sind; die Bauzonen wurden um die im Gemeindegebiet bestehenden Siedlungen gelegt. Die Liegen-