

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 3

Artikel: Microsilica in der modernen Betontechnologie: Symposium in Konstanz
Autor: G.R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77351>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Microsilica in der modernen Betontechnologie

Symposium in Konstanz

Die Technische Akademie Konstanz führte mit Unterstützung der Elkem Materials, Allensbach, im September 1989 im Konzilsaal zu Konstanz ein Symposium über «Microsilica in der modernen Betontechnologie» durch – bei Teilnahme von über 300 Fachleuten u.a. aus Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Norwegen, Niederlanden, Österreich und der Schweiz. In 13 Vorträgen mit zahlreichen Diskussionsbeiträgen wurden über Eigenschaften und Qualitätssicherung von Silica-Staub als neuem Betonzusatzstoff und Erfahrungen damit in Europa bei Tunnel-, Stollen- und Schachtbauten in Spritzbetonbauweise, im Brückenbau und bei Leichtbeton sowie Tunnelstückteilen und Olbohrinseln berichtet. Zur Veranschaulichung führte man in der Fachhochschule Konstanz verschiedene Instandsetzungsarbeiten mit Spritzbeton mit Zusatz von Silica-Staub vor.

Betontechnologie

Nach Dr.-Ing. R. Linder, Waldbronn, kann man sowohl die Adhäsion des frischen Baustoffs an Untergründen und seine innere Kohäsion als auch die Festigkeit und Dichtheit der Betonbauteile durch die Zugabe des neuen, überaus mehlfinen Zusatzstoffs Microsilica (MS) [1], einem bei der Herstellung von Siliziummetall und Ferrosilizium anfallenden Silica-Staub (Silica fume), entscheidend und zielsicher verbessern, was besonders beim Herstellen hoch beanspruchter Bauteile [2, 3], von grossen Fertigungsteilen und Betonwaren, sowie von dünnen, früh hoch beanspruchten Schichten (Spritzbeton) genutzt wird. – Prof. Dr.-Ing. W. Manns, Stuttgart, berichtete über die vom Otto-Graf-Institut in Stuttgart für das Prüfzeichen für den Betonzusatzstoff Elkem Microsilica (MS) durchgeführten Untersuchungen, die sich auf die che-

misch-mineralogische Zusammensetzung, die Feinheit und Kornverteilung (Tab. 1) und den Einfluss auf Mörtel und Beton in frischem und erhärtetem Zustand (Wasseranspruch, Erstarren, Raumbeständigkeit, Festigkeit, Schwinden, Frostwiderstand und Carbonatisierung) erstrecken. Silica-Staub erhöhte die Druckfestigkeit und Wasserundurchlässigkeit – durch Umwandlung von Kalziumhydrat in Kalziumsilikat – mehr als eine entsprechende Zementmenge. Dieser neue Betonzusatzstoff darf als Suspension (MS-S) für Beton nach DIN 1045 verwendet werden. Damit lässt sich der Baustoff Beton besser als bisher besonderen Anforderungen der Praxis anpassen. – Nach Dipl.-Ing. W. Studer, Dübendorf, darf MS-Beton nicht ohne Frischbetonkontrolle (FBK) als wesentlichem Bestandteil der Qualitätssicherung eingebaut werden, denn der Wasserzementwert darf trotz höhe-

rem Wasseranspruch infolge erheblich grösserer spezifischer Oberfläche (Tab. 2) nicht vergrössert werden.

Spritzbeton

Dipl.-Ing. E.A. Herfurth, Allensbach, sprach über Fortschritte in der Spritzbetontechnologie durch Elkem MS-S. In Norwegen wird seit langem MS-Nassspritzbeton – auch Stahlfaser-spritzbeton [4] – wegen grösserer Auftragsdicken, geringeren Rückpralls, höherer Festigkeiten und kleineren Verflüssiger (BV) – und/oder Beschleuniger (BE) – Mengen verwendet. MS im Ausgangsgemisch ergab beim Trockenspritzverfahren wegen der erheblichen Vergrösserung der zu benetzenden Oberfläche (Tab. 2) jedoch unbefriedigende Ergebnisse; erst die Verwendung von MS als Suspension (MS-S) (50 Gew.-% MS) [5] und die Entwicklung besonderer Dosierpumpen (6–10 bar Wasserdruck) ergab geringeren Rückprall (5–10%), höhere Druckfestigkeiten (40–60 N/mm²), weniger Zement und geringeres Schwinden sowie grössere Auftragsdicken auch ohne BE (Bild 1). Wegen der für den raschen Vortrieb heute im Tunnelbau geforderten Frühfestigkeiten wurde eine Doppeldosierpumpe für die Zugabe von MS-S und/oder flüssigem BE an der Spritzdüse entwickelt. Dabei werden aber an den Düsenführer höhere Anforderungen gestellt, weil sich dieser Spritzbeton wegen der grösseren Klebwirkung mit viel mehr Wasser als nötig – also auch höherem Wasserzementwert – einbauen lässt. – Nach Dipl.-Ing. Dr. techn. W. Kusterle, Innsbruck, will man in Österreich – entsprechend der Richtlinie Spritzbeton [6] – durch die Zugabe von MS-S die Staubbentwicklung und den Rückprall verringern, die Klebwirkung erhöhen und durch verbesserte Dichtigkeit des Spritzbetongefüges seine Widerstandsfähigkeit gegen chemische und mechanische Angriffe erhöhen [7]. Grundlage dafür sind die in den letzten Jahren an der Universität Innsbruck bearbeiteten Forschungsprojekte dünne Spritzbetonauskleidungen im Tunnelbau [8], Rückprallverminderung beim Trockenspritzverfahren durch technologische Massnahmen [9, 10], Auswirkungen unterschiedlicher Spritzverfahren und Beschleuniger auf die Eigenschaften von Spritzbeton [11], einschalige Tunnelbauweise [12] und Auswirkungen unterschiedlicher Nachbehandlung). – Ing. J. Scherrer, Brunnen, führte grossflächige Betoninstandsetzungen im Trockenspritzverfahren mit werksgemischten, mit MS vergüteten Trockenbaustoffen (Sack- oder Silo-

	Glühverlust %	Spez. Gewicht %	Spez. Oberfläche m ² /g	SiO ₂ %	CaO %
Zement	5	3,2	0,28–0,50	17–25	60–67
MS	0,7–2,5	2,16	18–22	88–98	0,1–5
FA	0,6	2,35	0,30–0,35	40–55	3–7

Tabelle 1. Eigenschaften von Zement, Microsilica (MS) und Flugasche (FA) (Herfurth)

	Anteil kg/m ³ FB	Spez. Oberfläche m ² /g	F m ² /m ³ FB
Zuschläge			
Sieblinie C 32	1800	6,26	11 268
Zement PZ 35	350	0,30	105 000
MS			
8% von Z	28	20	560 000

Tabelle 2. Zu benetzende Oberfläche (F) von Beton mit Zusatz von Microsilica (MS) (Herfurth)



Bild 1. Durch den Zusatz von Microsilica wird die Auftragsdicke von Spritzbeton vergrößert und der Rückprall (5–10%) verringert (Herfurth)

ware) [13] vor und erläuterte die Maschinen und Geräte, wie z.B. Vorbenetzungsdüse, dafür.

Tunnel - Stollen - Kanäle

Dipl.-Ing. H.G. Jodl, Wien, erklärte, wie beim U-Bahn-Bau in Wien durch Zusatz von MS-S die Staubeentwicklung beim Trockenspritzverfahren wesentlich verringert und damit die Arbeitsbedingungen im Tunnel verbessert werden konnten [14, 15]. Wegen des geringeren Rückpralls wurden 23% weniger Trockengemisch und 18% weniger BE verbraucht. Die Haftfestigkeit war grösser, die Frühfestigkeit stieg etwas und die Endfestigkeit stärker an (Bild 2), [14] und die Wassereindringtiefe betrug nur 20 mm. In Wien wurden einige Kanäle (1500 NW, 700/1050 mm) mit MS-Spritzmörtel (0,1/4 mm, 8% MS, 3% Dispergator; W/Z + 0,35) und MS-Pumpbeton B 80 (Tab. 3) instand gesetzt. – Dipl.-Ing. B. Gebauer, München, berichtete über Erfahrungen mit MS-Spritzbeton beim Baugrubenverbau und für einen 3,2 km langen Abwasserstollen [12] sowie über einschalige Tunnelbauweise (Grossversuch) beim Münchner U-Bahn-Bau. – Ing. H.C. Schmid, Sargans, sprach über den einschaligen Ausbau des 2,6 km langen Steinachstollens in St. Gallen (TBM 3,50 m Ø; 400 l/s bis 32 m³/s) mit über 3000 m³ bewehrtem Trockenspritzbeton B 80/110 (0/8 mm, 310 kg PZ/m³ FB, 8% MS, ohne BE; 15% Rückprall) und ging auf die Vorversuche im Stollen Hagerbach und die Qualitätsüberwachung (Schnellporositätsprüfung) ein.

Unterwassertunnel - Ölbohrinseln

Dipl.-Ing. F. Meyer, Kopenhagen, berichtete über den Bau des 230 m langen Guldborgsund-Tunnels, bei dem die 40/21/12 m grossen Teilstücke für die

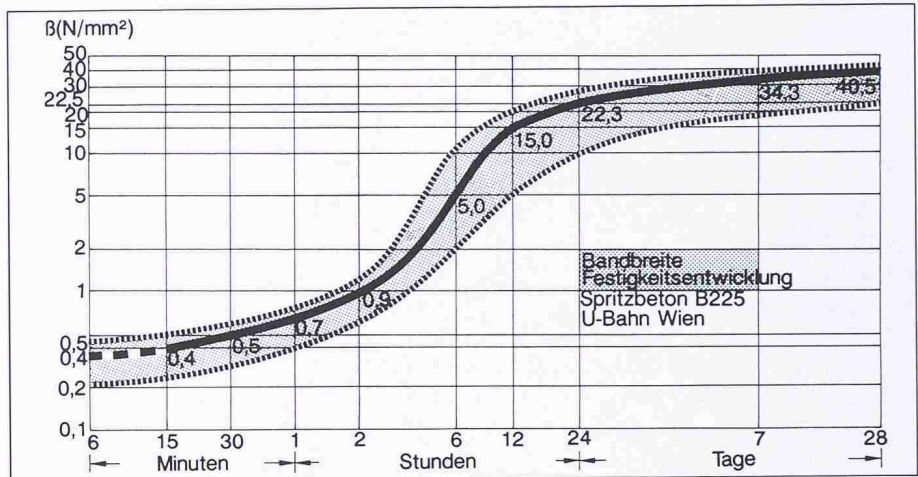


Bild 2. Festigkeitsentwicklung von Trockenspritzbeton mit Zusatz von Microsilica-Suspension (Jodl)

		Alter in Tagen		
		7	28	56
Rohdichte	t/m³	2,22	2,13	2,12
Druckfestigkeit	N/mm²	68,7	89,3	88,8
Biegezugfestigkeit	N/mm²	7,0	6,5	7,2
Abrieb	cm³	–	–	19,4

Tabelle 3. Festigkeitsentwicklung von Pumpbeton mit Zusatz von Microsilica (MS) (Jodl)

Literatur

- [1] Herfurth, E.: Microsilica-Stäube als Betonzusatzmittel. Beton- und Stahlbetonbau 83 (1988) Nr. 6, S. 172–173
- [2] Bode, H.: Verbundstützen mit ultrahochfestem Beton in den USA. Bauingenieur 64 (1989) Nr. 8, S. 370
- [3] Alfes, Ch.: Hochfeste, verformungsarme Betone mit Silica-Staub. Betonwerk + Fertigteil-Technik 55 (1989) Nr. 11
- [4] Skatun, O.M.: Die Entwicklung des stahlfaserbewehrten Nassspritzbetons in Norwegen. 2. Int. Fachtagung «Spritzbetontechnologie», Innsbruck-Igls 15./16.1.1987, S. 91–95
- [5] Peeters, J.J.M.; Bijen, J.M., J.M. Hogeslag, A.; Mijnsberger, J.: Spritzbeton und Silica fume (Spuitbeton met Silica fume). Cement/Amsterdam/40 (1988) Nr. 9, S. 58–63
- [6] Richtlinie Spritzbeton, Teil 1 – Anwendung. ÖBV, Wien 1–1989. Abschnitt 3.2.2 Si-Stoffe – Microsilica (Silica-fume)
- [7] Vorstellung der Richtlinie Spritzbeton, Teil 1 – Anwendung. Zement und Beton 43 (1989) Nr. 3, S. 93–120; Heft 11 der Schriftenreihe des ÖBV, Wien 1989
- [8] Strasser, P.; Kusterle, W.: Dünne Spritzbetonauskleidungen im Tunnelbau. Zement und Beton 33 (1988) Nr. 1, S. 14–16
- [9] Kusterle, W.: Rückprallverminderung beim Trockenspritzverfahren durch technologische Massnahmen. Beton- und Stahlbetonbau 84 (1989) Nr. 1, S. 6–10
- [10] Kusterle, W.; Lukas, W.: Sanierung grossflächig geschädigter Betonflächen mit Spritzbeton. Beton + Fertigteil-Technik 55 (1989) Nr. 8, S. 46–53
- [11] Leuthold, M.: Auswirkungen von unterschiedlichen Spritzverfahren und Beschleunigern auf die Eigenschaften von Spritzbetonen in Verkehrstunnelbauten. Diplomarbeit, Universität Innsbruck, 1989
- [12] Kusterle, W.: Einflüsse auf die Frühfestigkeit und Endfestigkeit des Spritzbetons. Zement und Beton 34 (1989) Nr. 3, S. 117–120
- [13] Scherer, J.: Sanierungsausführung mit der Trockenspritzmethode. Schweizer Baublatt 100 (1989) Nr. 10, S. 46–49
- [14] Jodl, H.-G.: Anwendung von Microsilica im Betonbau. Zement und Beton 34 (1989) Nr. 1, S. 15–19
- [15] Bürge, T.; Bracher, G.: Silica-fume-Technologie im Spritzbeton. Int. Symposium «Sicherung, Stütz- und Gebirgsverbesserungsmassnahmen im Untertagebau». IBETH Zürich 7./8.4.1987, S. 31–37
- [16] Fortschritte im Betonbau. Niederländischer Betontag 1988. Schweizer Ingenieur und Architekt 107 (1989) Nr. 17, S. 437–440 – insbes. Schutzwand für die Ekofisk-Plattform, S. 439–440, Bilder 3–5
- [17] Fortschritte im Betonbau. Niederländischer Betontag 1987. Schweizer Ingenieur und Architekt 106 (1988) Nr. 30–31, S. 890–892, insbes. 890
- [18] Weigler, H.: Leichtbeton im Brückenbau – Erfahrungen in den USA. Beton- und Stahlbetonbau 83 (1988) Nr. 5, S. 136–141



Bild 3. Herstellen einer Schutzwand für die Ekofisk-Plattform in zwei Teilen in Gleitschalung in einem Schiffsdock in Rotterdam aus Transportbeton mit Zusatz von Microsilica-Suspension (Spannbeton B 60) (de Jong)

zweite Tunnelröhre zum Vermeiden der bei der ersten Röhre aufgetretenen durchgehenden Risse in der Tunneldecke aus gekühltem MS-Beton (275 kg HS-Zement, 50 kg FA, 15 kg MS/m³ FB; W/Z = 0,42) hergestellt wurden. Wegen der 25%igen Festigkeitssteigerung auf 45 N/mm² konnte man den Zementgehalt verringern, musste jedoch vor dem Betoneinbau stets die FBK durchführen, da man beim MS-Beton einen zu hohen Wassergehalt nicht erkennt. Diese guten Erfahrungen und die verringerte Chlorideeindringung beim MS-Beton sollen für den 8 km langen Bared-Tunnel zwischen zwei Inseln im Grossen Belt genutzt werden. – Danach sprach Ing. J. de Jong, Rotterdam, als Betonwerkbetreiber über Erfahrungen mit MS-Transportbeton für eine in Gleitschalung in einem Schiffsdock in Rotterdam in zwei Hälften betonierte, 108 m hohe und 16 m dicke Schutzwand von 140 m Ø (Bild 3) für die Ekofisk-Plattform in der Nordsee (Bild 4), wobei der Beton mindestens sechs Stunden verarbeitbar bleiben musste und auf Anordnung des norwegischen Auftraggebers dem



Bild 4. Transport einer Schutzwandhälfte von Bild 3 nach Norwegen zum Zusammenbau in einem Fjord (de Jong)

Tagungsband

Die überarbeiteten Vortragsmanuskripte sind in einem Tagungsband «Microsilica in der modernen Betontechnologie – Symposium am 28./29. September 1989 in Konstanz am Bodensee» (310 Seiten DIN A4 mit 166 Bildern/Tabellen und 37 Quellen) abgedruckt. Bezug: Elkem GmbH, Lindenweg 5, Postfach 145, D-7753 Allensbach 2; Telefon (07533) 723 + 724; Telefax (0733) 725.

Transportbeton (20 000 m³, B 60) MS-S zugesetzt und PZ statt des in den Niederlanden im Seebau üblichen HOZ verwendet wurde (Betontechnologie siehe [16]). Für die Lieferung von stündlich 75 m³ FB mussten zwei Betonwerke umgebaut werden (MS-S-Zuteilvorrichtung und -Lagertank [30 t], BV-Durchflussmesser [über 10 kg/m³ FB], verlängerte Mischdauer [40 statt 90 m³/h] und Anlagen reinigen alle 4 Stunden). Beim Bau des 1012 m langen viergleisigen Eisenbahntunnels in Rotterdam (115/23/9 m und 138/26/9 m) [17] wurden bisher 43 000 m³ MS-S-Transportbeton eingebaut; die bisherigen Erfahrungen sind in einem Handbuch für Qualitätssicherung festgehalten. – Prof. Dr. O.E. Gjorv, Trondheim, berichtete über den

Raumgewicht t/m ³	Druckfestigkeit (N/mm ²) von		Festigkeits- zunahme um %
	LB	MS-LB	
1,2	20	40	100
1,4	40	60	50
1,5	45	75	67
1,6	48	80	67

Tabelle 4. Festigkeitsentwicklung von Leichtbeton (LB) ohne und mit Zusatz von Microsilica (MS) und gemahlenem Blähton (Spitzner)

Einsatz von MS in Norwegen, wie z.B. beim Bau von Ölborinseln, sowie neuerdings für hochfeste Betonstrassenbeläge.

Brückenbau – Leichtbeton

Dr. M. Martinola, Canabbio, sprach über die praktische Anwendung von MS-Beton im Strassenbrückenbau, wie z.B. für Randbalken (W/Z = 0,35; 80 N/mm², jedoch 14–21 Tage Nachbehandlung); danach kann man mit MS als Mikrofüller und Puzzolan alle Anforderungen eines dauerhaften Betons im Rahmen der üblichen Bauregeln ohne zusätzliche kostspielige Schutzmassnahmen und ohne LP-Beton sicher erfüllen. – Dr. Ing. J. Spitzner, Pautzfeld, wies nach, dass man die Dauerhaf-

tigkeit, Rohdichte und Druckfestigkeit bei Leichtbeton (LB) [18] durch eine Verringerung des Wasserzementwertes mit Hilfe von Fließmitteln und durch Zugabe von MS und feingemahlenem Blähton verbessern kann; dieser MS-LB hat eine um 50 bis 100% höhere Druckfestigkeit (Tab. 4) und ist ausserordentlich dicht, was sich an einer geringen Wassereindringtiefe, verlangsamter Karbonatisierung und am Fehlen von Ausblühungen zeigt, und von grosser Frostbeständigkeit. Beim Bau einer Ölbohrinsel in Norwegen wurden u.a. 8000 m³ MS-LB B 65 eingebaut.

G.B.

Seeufergestaltung in Flüelen UR

Der Kanton Appenzell Ausserrhoden, zusammen mit der Gemeinde Flüelen, dem Kanton Uri, den SBB und der Schiffahrtsgesellschaft des Vierwaldstättersees, veranstaltete einen öffentlichen Projektwettbewerb über die Neugestaltung des zentralen Seeuferbereiches der Gemeinde Flüelen. Der Wettbewerb verfolgte das Ziel, als Beitrag zum Projekt «Weg der Schweiz» im Rahmen der 700-Jahr-Feier der Eidgenossenschaft 1991 ein Konzept für die Seeufergestaltung zu erhalten, um die vorgesehenen Bauvorhaben im Uferbereich einschliesslich eines neuen Seerestaurants im Hinblick auf die Schaffung attraktiver Freiräume zu koordinieren. *Teilnahmeberechtigt* waren alle in der Schweiz beheimateten oder seit mindestens dem 1. Januar 1989 mit Wohn- oder Geschäftssitz ansässigen Architekten und Landschaftsarchitekten. Es wurden 32 Projekte eingereicht und beurteilt. Drei Entwürfe mussten wegen schwerwiegender Verletzung von Programmbestimmungen von der Preisverteilung ausgeschlossen werden. Ergebnis:

1. Preis (16 000 Fr. mit Antrag zur Weiterbearbeitung): Architekturatelier fe, Roland Frei und Lis Ehrensperger, Zürich; Mitarbeiter: Thomas Zell; Landschaftsarchitekt: Christoph Fahrni, Luzern.

2. Preis (15 000 Fr.): Valentin Bearth und Andrea Deplazes, Chur; Landschaftsarchitekt:

Lieni Wegelin, Malans; Mitarbeiter: Isabella Giger, Riccardo Signorelli.

3. Preis (14 000 Fr.): BSS Architekten, Hermann Heussi, Karl Schönbachler, Schwyz; Landschaftsarchitekten: Grün-Plan AG, Hans Schoch, Marcel Fürer, Wetzikon.

4. Preis (10 000 Fr.): Alex Buob, Rorschach und Heiden.

5. Preis (6000 Fr.): DPD-Architekten, Drost, Pepper, Dittli, Zürich.

6. Preis (5000 Fr.): arc-Architekten, Moeschlin & Pfister, Zürich; Mitarbeiter: Ivo F. Moeschlin, Stephan Pfister, Marco Locati, Michelle de Falque, Claudio Fries; Landschaftsarchitekten: Felix Guhl, Beatrice Bosshard, Zürich.

1. Ankauf (5000 Fr.): Kurt und Ernst Mennel, St. Gallen; Bearbeiter: Kurt Mennel; Landschaftsarchitekten: Atelier Stern und Partner, Zürich und St. Gallen; Bearbeiter: Suzann Albrecht, Judith Amberg, Edmund Badeja, Karen Flügel, Ruedi Lüthi, Jacques Mennel.

2. Ankauf (3000 Fr.): Granit Architectures, Antoine Wasserfallen, Lausanne; Mitarbeiter: Zsolt Gunther, Delphine Rajanonarivo, Rémy Prod'hom, Thierry Berod, Astrid Brunner; Gartenarchitekten: Evelyne Keller, Daniel Oertli, Lausanne; Künstler: Mix & Remix; Philippe Becquelin, Lausanne.

Das Preisgericht setzte sich aus folgenden Mitgliedern zusammen: H. Höhener, Regierungsrat App. AR, Präsident des Preisgerichts; Dr. H. Meiner, Direktor SGV, Luzern; F.S. Arnold, Gemeinderat, Flüelen; P. Püntener, Kantonsingenieur Kanton Uri; A. Häfliger, SBB, Adjunkt Hochbau Kreis II; O. Hugentobler, Kantonsbaumeister App. AR; M. Germann, Architekt, Altdorf; P. Baumann, Architekt, Luzern; F. Dové, Landschaftsarchitekt; F. Eicher, Landschaftsarchitekt; Ersatzpreisrichter: P. Strittmatter, Raumplaner, St. Gallen; B. Ziegler, SGV, Chef kommerzieller Dienst; A. Exer, Gemeinderat Flüelen.

Zur Aufgabe

Hauptziel des Wettbewerbes war die Erlangung eines Gesamtkonzeptes über die Gestaltung des zentralen Seeuferbereiches zwischen Schiene und Wasser der Gemeinde Flüelen. Das Konzept soll den gestalterischen Rahmen für geplante Projekte bilden, die einzelnen Teilbereiche des Seeufers miteinander verbinden, die funktionalen Abläufe verbessern und zu einer Steigerung der Attraktivität des Seeanstosses führen. Der Ort soll seiner herausragenden Qualität und seiner Bedeutung für die Gemeinde entsprechend gestaltet werden:

1. Bahnhof und Schiffstation sind Ankunftsorte für die zahlreichen Touristen und

Fortsetzung Seite 49