

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 109 (1991)  
**Heft:** 51-52

**Artikel:** Jet-Grouting in der Bausanierung  
**Autor:** Bart, Hansruedi  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-86073>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.04.2026

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

# Jet-Grouting in der Bausanierung

**Erstmals gelangte das Jet-Grouting in Japan zur Anwendung. Mitte der siebziger Jahre wurde es in Italien vor allem als vorauseilende Bauhilfsmassnahme im Tunnelbau verbreitet eingesetzt und weiterentwickelt.**

## Das Verfahren

Das Verfahren ist im deutschsprachigen Raum auch unter der Bezeichnung Hochdruckinjektion (HDI) oder Hoch-

VON HANSRUEDI BART,  
ZÜRICH

druckbodenvermörtelung bekannt. Weitere Verfahrensbezeichnungen sind von den Spezialfirmen abgeleitet und lauten Soilcrete, Rodinjet, Terrajet usw.

In Bild 1 ist der Ablauf des 1-Phasen-Jet-Grouting vereinfacht dargestellt.

## Arbeitsfolge

□ Mit einem an die Bodenverhältnisse angepassten Bohrverfahren wird eine Bohrung abgeteufelt.

□ Sobald die Solltiefe erreicht ist, werden die Austrittsöffnungen für die Spülwasser mit einer Stahlkugel verschlossen.

Es stehen uns lediglich die hinter dem Bohrkopf angeordneten Injektionsdüsen als Austrittsöffnung für die Zementsuspension zur Verfügung. Der Jet-Vorgang wird eingeleitet.

□ Das Injektionsgut (eine Wasser-Zement-Suspension) wird nun mit sehr hohem Druck (300–600 bar) als Düsenstrahl in den Boden gepresst. Durch kontinuierliche Drehung und Rückzug des Bohrgestänges bewirkt die hohe Energie des Strahles ein Aufschneiden und gleichzeitiges Durchmischen des Bodenmaterials.

□ Es entstehen säulenartige Injektionskörper, welche die Eigenschaften eines Naturbetons aufweisen.

Diese Eigenschaften der Injektions-Säulen werden einerseits durch das anstehende Bodenmaterial (Kornaufbau, Lagerungsdichte usw.) und andererseits durch die angewendeten Jet-Grouting-Parameter wie Druck, Rückzugsgeschwindigkeit, Drehzahl des Gestänges und Durchmesser der Düsen bestimmt. Mit dem umschriebenen 1-Phasen-Jet-Grouting können folgende Werte erreicht werden:

- Durchmesser der Säulen: 0,4 m–1,0 m
- Druckfestigkeit: (einachsige Druckversuche) 5–18 N/mm<sup>2</sup>  
Mittelwert für kiesige Böden: 9–14 N/mm<sup>2</sup>
- Elastizitätsmodul:  $E = 3000\text{--}4500 \text{ N/mm}^2$
- Dichte: 1400–1800 kg/m<sup>3</sup>
- Zementgehalt:  $z = 450\text{--}750 \text{ kg/m}^3$

## Leistungen

Diese werden weitgehend durch folgende Bedingungen bestimmt:

- Bodenmaterial
- verwendete Bohrgeräte
- Bohrverfahren.

Im Mittel kann eine Bohr- und Jet-Leistung von 40–70 m pro 8 Arbeitstunden und Gerät erreicht werden.

## Geräte

Bei den nachfolgend beschriebenen Sanierungen wurden folgende Geräte eingesetzt:

*Bohrgerät:* hydraulische Raupenbohrgeräte mit hoher Beweglichkeit, Bohr-

ausrüstung mit hydraulischem Dreh-Schlaghammer.

*Hochdruckpumpe:* Kolbenpumpe mit Dieselantrieb 2 × 160 kW, Fördermenge max. 240 l/min bei 600 bar

*Mischanlage:* vollautomatische Aufbereitungsanlage für Zement-, Wasser-, Bentonitdosierung und Speisepumpe zur Injektionspumpe; Liefermenge: 240 l/min bei 1,8 bar.

Beim Injektionsvorgang werden die Feinanteile aus dem Boden ausgespült und treten zusammen mit überschüssigem Injektionsgut als Rückfluss am Bohrlochende aus. Zusätzlich wird der Boden am Rande der Jet-Säule durch verpresste Feinanteile verdichtet und damit wesentlich verbessert. Der Wirkungsbereich des Jet-Groutings ist somit grösser, als es die direkt sichtbare Injektions säule zeigt. Je nach Beschaffenheit des anstehenden Bodenmaterials tritt im Wirkungsbereich eine 1,5–3fache Verbesserung der Scherfestigkeit ein.

In homogenen Böden können die Parameter durch Versuche bestimmt und eine gleichbleibende Qualität sichergestellt werden. In heterogenen Böden sind die Parameter laufend anzupassen. Bei rasch wechselnden geologischen Formationen besteht die Schwierigkeit in der rechtzeitigen Anpassung bei ungenügenden Aufschlüssen. Das relativ junge Verfahren wird durch das Sammeln von Daten und Erfahrungen laufend verbessert.

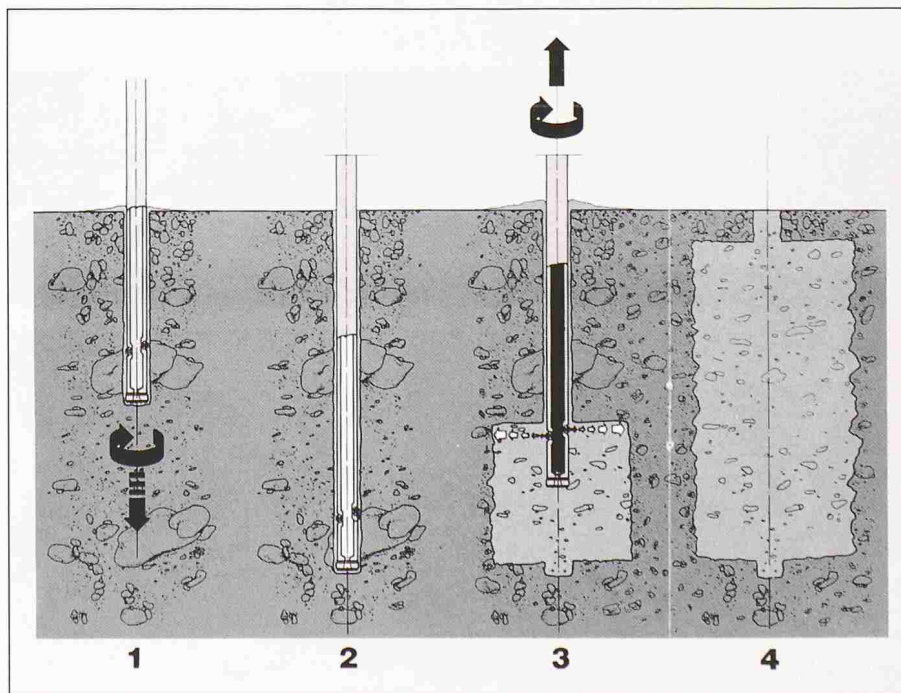


Bild 1. Schematischer Ablauf des 1-Phasen-Jet-Grouting

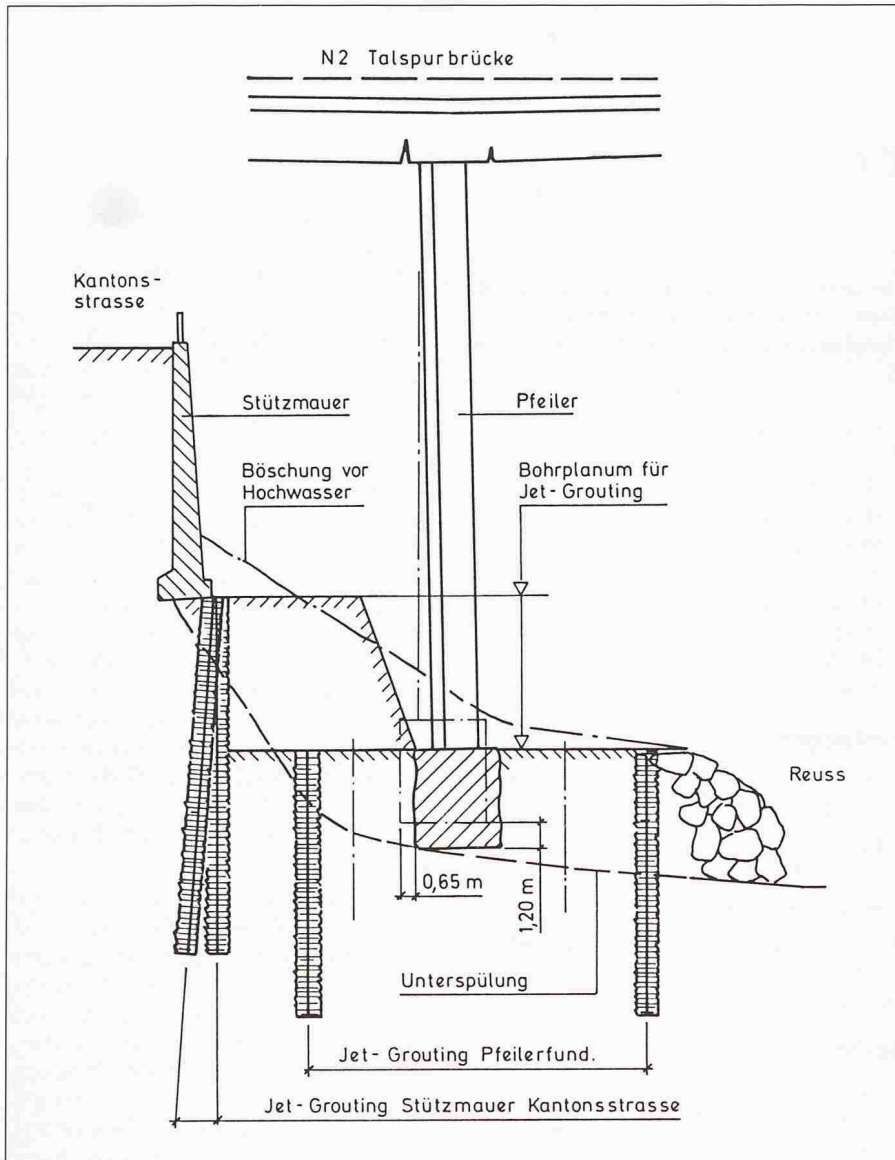


Bild 2. Rekonstruktion Reussbrücke Wassen



Bild 3. Stützmauersicherung mit Jet-Säulen (Situation)

## Anwendungsbeispiele

### Rekonstruktion Reussbrücke Wassen N2

#### Ausgangssituation

Infolge der extremen Hochwassersituation wurde Ende August 1987 ein im Hang fundiertes Pfeilerfundament der Talspurbrücke freigelegt und mit fortschreitender Erosion um rund 120 cm gesenkt und 65 cm Richtung Reuss verschoben. Gleichzeitig wurde die Stützmauer der Kantonstrasse oberhalb des Pfeilerfundamentes unterspült (Bild 2).

#### Aufgabe und Ausführung

Als sofortige Sicherungsmassnahme wurde eine provisorische Schüttung aus Granitblöcken und Beton im Bereich Pfeilerfundament und Stützmauer erstellt. Ab diesem Planum wurde dann die Stützmauer mit einer Reihe von armierten Jet-Säulen definitiv gesichert (Bild 3). Anschliessend wurde der gesamte Bereich des Pfeilerfundamentes durch einen Kasten aus armierten Jet-Pfählen gesichert.

Die Arbeiten mussten unter sehr grossem Zeitdruck und hohen Sicherheitsanforderungen (keinerlei Erschütterungen) ausgeführt werden. Die Lösung mittels Jet-Grouting hat sich dabei ausgezeichnet bewährt (Bilder 4 und 5).

### Sanierung Erdölpipeline in der Via Mala

#### Ausgangssituation

Als Folge der ausserordentlich starken Unwetter im Spätsommer 1987 kam im Bereich der alten Via-Mala-Strasse Thusis-Rongellen ein Hang ins Rutschen. Dadurch wurde der Strassenkörper, worin eine Pipeline der Oleodotto del Reno SA eingelassen war, auf rund 50–60 m Länge talwärts verschoben. Die Setzung bzw. Senkung der Fahrbahn betrug rund 1 m.

#### Aufgabe

Die gesamte instabile Gleitmasse sollte mittels armierten Jet-Grouting-Säulen verdübelt und mit Ankern stabilisiert werden (Bild 6). Für diese Arbeiten galten folgende Randbedingungen:

- Die Strasse musste für Landwirtschaftsfahrzeuge und den Ortsverkehr jederzeit befahrbar sein.
- Der Betrieb der Ölleitung musste während der ganzen Arbeitsdauer gewährleistet sein.
- Dies galt auch für die bergseits der Strasse verlaufende Hochspannungs-Übertragungsleitung.

#### Ausführung

Das Sanierungsprojekt hat sich für die Lösung der Aufgabe bestens bewährt.

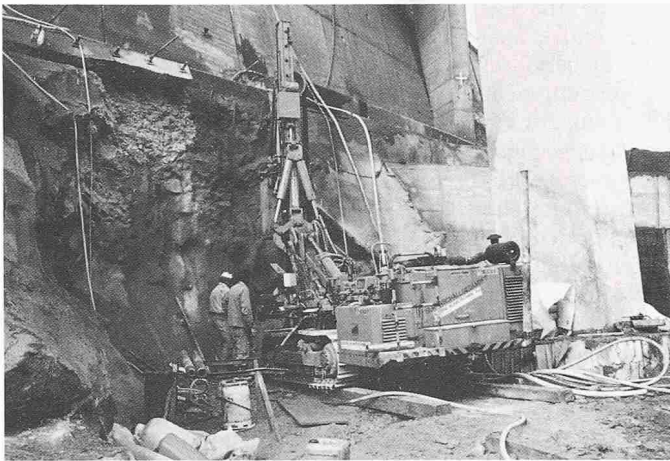


Bild 4. Jet-Grouting vor Ort

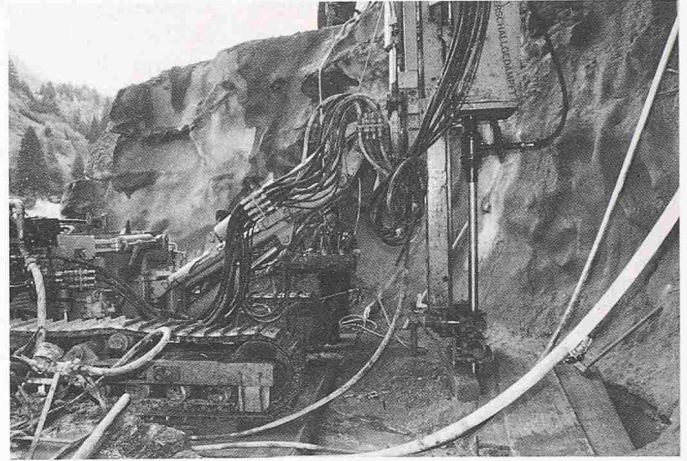


Bild 5. Jet-Grouting vor Ort

**Beispiel Reussbrücke**

Bauherr: Bauamt Uri, Abt. Kunstbauten, Altdorf

Generalunternehmung: AG Conrad Zschokke, Zürich

Projektverfasser, Bauleitung: Ing. Büro E. Winkler + Partner AG, Altdorf

Unternehmer Jet-Grouting: AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich

**Beispiel Erdölpipeline in der Via Mala**

Bauherr: Oleodotto del Reno SA, Chur

Projektverfasser: Ing.-Büro H. Rigendinger, Chur

Unternehmer: AG Conrad Zschokke, Chur (Jet-Grouting: AG Heinr. Hatt-Haller, Zürich)

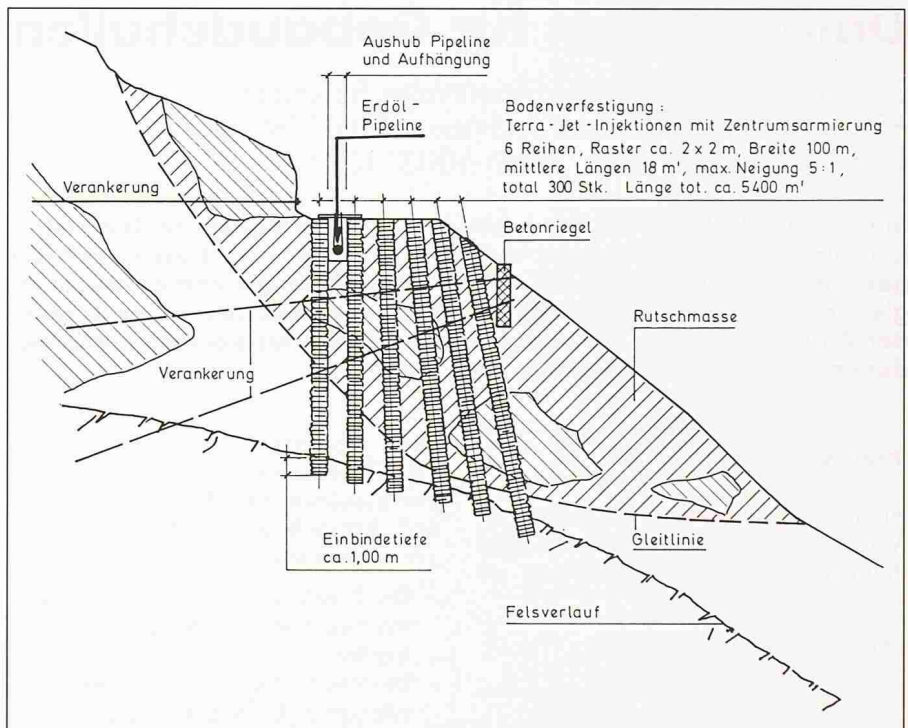


Bild 6. Hangsicherung an der Via Mala-Strasse: Projekt



Bild 7. Situation auf der alten Via Mala: Installationen

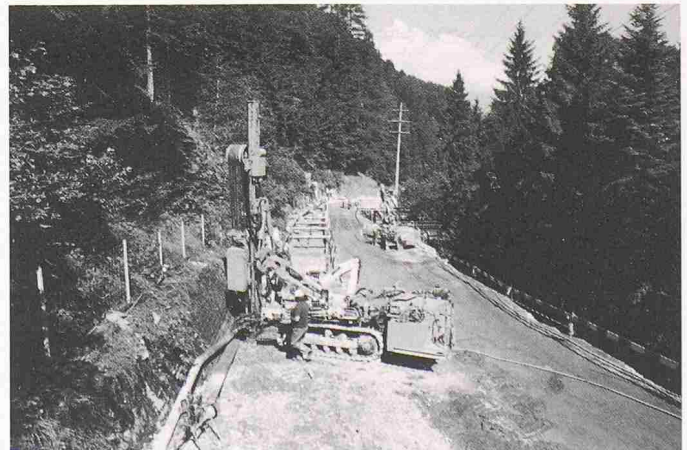


Bild 8. Jet-Grouting - Vorgang

Talseits wurde eine Hilfsbrücke erstellt, so dass der Verkehr während der Bohr- und Jet-Arbeiten im Strassenbereich über diese Brücke geführt werden konnte bzw. die Bohrarbeiten mit max. 15 t schweren Geräten ab dieser Hilfsbrücke vorgenommen werden konnten. Von Frühjahr bis Herbst 1988 wurden rund 260 Jet-Säulen mit Einzellängen von 20–30 m ausgeführt (Bilder 7 und 8).

### Ausblick

Die Jet-Grouting-Methode kann im Zusammenhang mit Sanierung und Re-

konstruktion von Bauwerken eine Vielzahl von Aufgaben sicher und kostengünstig lösen. Die weitgehend erschütterungsfreie und setzungsarme Baumethode ist besonders für das Unterfangen von Fundamenten geeignet. Die Bohrungen für das 1-, 2- und 3-Phasen-Jet-Grouting (luftummantelter Hochdruckwasserstrahl) können mit nahezu allen bekannten Lockergesteinsbohrgeräten ausgeführt werden. Somit können Jet-Grouting-Arbeiten auch aus engen Kellerräumen ausgeführt werden. Das Verfahren ermöglicht insbesondere, die Anwendungsgrenzen der herkömmlichen Injektionsmethoden auch in feinkörnigen

und schluffigen Böden zu erweitern, wobei anstelle von Chemikalien umweltverträgliche, anorganische Stoffe verwendet werden.

Adresse des Verfassers: *Hansruedi Bart*, dipl. Techniker, Bauführer in Abt. Spezialtiefbau, Heinr. Hatt-Hallier Bauunternehmung, Bärensasse 25, 8001 Zürich.

## Dämmdicken für Gebäudehüllen

Stellungnahme zum Beitrag von Walter Baumann  
«Schweizer Ingenieur und Architekt – SIA» 109, Heft 42/9  
vom 17. Oktober 1991, Seiten 1003–1006

**In Heft 42/91 plädiert W. Baumann für wesentlich grössere Dämmstärken als üblich. Ab k-Werten von etwa 0,25 W/m<sup>2</sup>K treten aber aus gesamtheitlicher Betrachtung – Ökonomie, Ökologie und grauer Energie – andere Lösungen, mit denen man wesentlich mehr Erfahrung in der Anwendung hat, in Konkurrenz zu überdimensionierten Wärmedämmungen von 25 cm Stärke und mehr.**

### Integrale Planung

Nimmt man die integrale Planung als Aufgabe ernst, so genügt eine einseitige Betrachtung der Wärmedämmung als

VON BRUNO WICK,  
WIDEN

Wärmeschutzmassnahme selbst unter Einbezug der «grauen Energie» nicht mehr. Die Ausführungen von W. Baumann sind zwar richtig, aber viel zu einseitig. Eine integrale Planung ver-

langt, dass neben der Forderung nach der Dimensionierung auf minimalen Energieaufwand für Erstellung, Betrieb und Abbruch weitere Gesichtspunkte geprüft werden:

- Die Lösungen müssen auf ihre Kostenfolgen untersucht und verglichen werden.
- Es sollen immer grundsätzlich verschiedene Lösungen mit der Zusatzdämmung verglichen werden wie z.B. die alternative Energiegewinnung, Substitutionsstrategien, Ersatzluftanlagen statt Fensterlüftungen usw.

- Die Praktikabilität der Lösung (Langzeiterfahrung am Bau) ist ebenfalls zu prüfen und zu gewichten.
- Die Folgekosten aus Betrieb, Unterhalt, Bedienungsfreundlichkeit, Abbruch usw. sind weitere Gesichtspunkte, die es zu erwägen gilt.

### Beispiel neues Schulhaus mit tiefem Energieverbrauch

Ein Schulhaus, das zurzeit im Bau ist, wird eine Energiekennzahl Heizen von etwas weniger als 100 MJ/m<sup>2</sup>a haben. Dieser sehr tiefe Wert wird ohne Superwärmedämmungen erreicht. Das Dach hat einen k-Wert von 0,25 W/m<sup>2</sup>K, die Wände sind leicht schlechter gedämmt und die Fenster haben beschichtete Isoliergläser mit zwei Scheiben. Das Schulhaus hat 3000 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche und würde, in Öl ausgedrückt, noch gut 7000 Liter pro Jahr verbrauchen.

Wendet man eine Superwärmedämmung nach Baumann mit 30 cm Dämmstärken an und verbessert auch die Glasqualität, so sinkt die Energiekennzahl in diesem Fall auf 30 MJ/m<sup>2</sup>a. Man spart also knapp 5000 l Heizöl pro Betriebsjahr. Es

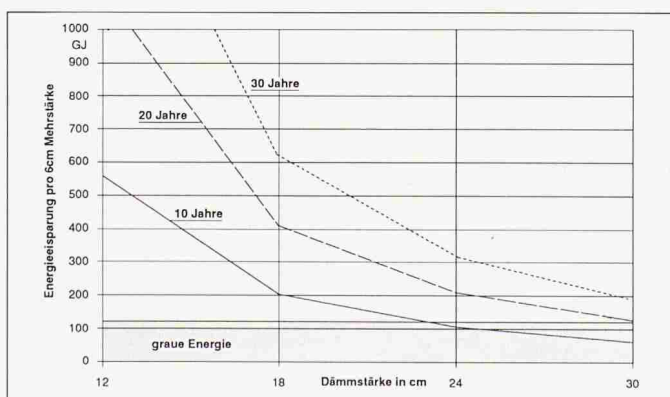


Bild 1. Energieeinsparung pro 6 cm Mehrstärke der Dämmung des Flachdaches bei Nutzungsdauern von 10, 20 und 30 Jahren.

System	Vollkosten	Investition
Sonnenkollektoren für Heizung und Warmwasser	35 Rp./kWh	200 000.–
Ersatzluftanlagen Mechanische Lüftung für minimale Frischluftversorgung mit guter Wärmerückgewinnung	13 Rp./kWh	180 000.–
Luft-Erdkollector der Ersatzluftanlage vorgeschaltet	13 Rp./kWh	30 000.–
Wärmepumpenanlage	21 Rp./kWh	60 000.–
Superwärmedämmung 30 cm	66 Rp./kWh	325 000.–

Tabelle 1. Vergleich verschiedener Systeme an Reduktion der Heizenergie