

# "Faszination Brückenbau"

Von Dialma Bänziger (Januar 2004)

**Faszination Brückenbau hat zu tun mit kühnen Brücken. Alle kühnen Brücken faszinieren, worauf ich noch näher eingehen werde. Ich beschränke das umfangreiche Gebiet auf namhafte Schweizer Brückenbauer und ihre Werke im In- und Ausland sowie auf einige Beispiele von Brücken vorwiegend aus der Schweiz.**

## **Kurzer historischer Abriss**

Der Ingenieurbau ist so alt wie das Bauen überhaupt. Davon zeugen die vielen noch erhaltenen Strassen, Wasserleitungen mit grossen Aquädukten, Befestigungsanlagen usw. Die antiken Ingenieurbauten unterscheiden sich von den Werken der gleichzeitig erstellten Monumentalbauten eigentlich nur durch ihre Zweckbestimmung, z.B. die Tiberbrücke in Rom und das benachbarte Castel St. Angelo in Rom. Es sind Nutzbauten im Gegensatz zu den Kult- und Monumentalbauten. Seit den ältesten Zeiten bis ins 18. Jahrhundert waren die Baumeister Handwerker, die bei der Formgebung und Bemessung auch bedeutender Tragwerke, z.B. Kathedralen und Kuppeln, nach ihrem architektonisch-statischen Gefühl konstruierten. Zu diesem Gefühl ist die gründliche praktische Berufserfahrung gekommen, die sich in der Tradition der Bauhütten angesammelt hatte. Grosse Meister waren nicht selten in einer Person bedeutende Künstler, Architekten, Ingenieure und ausführende Baumeister, wie z.B. **Leonardo da Vinci** und **Michelangelo**. Der alles umfassende Beruf des Baumeisters hat sich vom 18. Jahrhundert an in drei Richtungen aufgespalten:

- der gestaltende Architekt
- der konstruierende und berechnende Ingenieur und
- der ausführende Bauunternehmer

Beim modernen Ingenieurbau sind der gestaltende Entwurf und die Entwicklung der Konstruktion die wesentlichen Tätigkeiten des Bauingenieurs. Die statische Berechnung ist, entgegen häufig anders lautender Meinung, sekundär, aber erforderlich für den Nachweis der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit gegenüber dem Auftraggeber und den Aufsichtsorganen. Ein bahnbrechender Pionier im Bereich des modernen Stahlbetonbaus war der Schweizer Ingenieur **Robert Maillart** (1872-1940). Obwohl er die Statik beherrschte, ist er bei seinen Brückenkonstruktionen mit sehr wenig Statik ausgekommen. Es wird erzählt, sie habe manchmal auf der Rückseite eines Trambilletts Platz gehabt. Bei vielen Eisenbahnbrücken, die vor gut 100 Jahren gebaut wurden, beansprucht die Statik im Bauplan nicht mehr als eine oder zwei A4 -Seiten.

## Summarische Übersicht über die Brückentypen

Nachstehend sind die Brücken in historischer Reihenfolge nach Hauptmaterial-Typen gegliedert, wobei jeweils einige wenige Beispiele vorwiegend aus der Schweiz oder mit Bezug auf die Schweiz genannt sind:

### Natursteinbrücken:

Lavertezzo-Brücke über die Verzasca bei Lavertezzo TI, 16. Jh.  
Landwasser-Viadukt der RhB bei Filisur GR, 1902

### Holzbrücken:

Kappelbrücke in Luzern, um 1300  
Holzbrücke über die Aare bei BremgartenBE, 1535

### Stahlbrücken:

Rheinbrücke bei Reichenau GR, ältester Gitterfachwerkträger, 1881  
Stahlbrücke über die Aare bei Koblenz, 1892  
Sidney Harbour Bridge, Australien, 1932

### Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbrücken:

Langwieser-Viadukt der Chur-Arosa Bahn, 1914  
Salgintobelbrücke bei Schiers GR, R. Maillart, 1930  
Rheinbrücke bei Tamins GR, Christian Menn, 1962  
Hardturm-Viadukt der SBB in Zürich, Menn/Hugi + D.J. Bänziger, 1964  
Lehnenviadukt der A2, Beckenried, NW, Inge, Bänziger+P., FF., 1980  
Ganterbrücke an der Simplonstrasse, Christian Menn, 1980  
Aarebrücke der A3 bei Schinznach AG, Inge, Bänziger+P., FF., 1993



**Bild 1:** Salgintobelbrücke bei Schiers/GR, Robert Maillart, 1930

### Verbundbrücken (Stahlträger + Betonplatte, bzw. -trog)

Schmalztobel-Viadukt der RhB, Chur-Arosa, Bänziger+P., 1994  
Dreirosenbrücke über den Rhein Basel, zweistöckig, Inge, Bänziger+P. FF., 2004

### Hängebrücken:

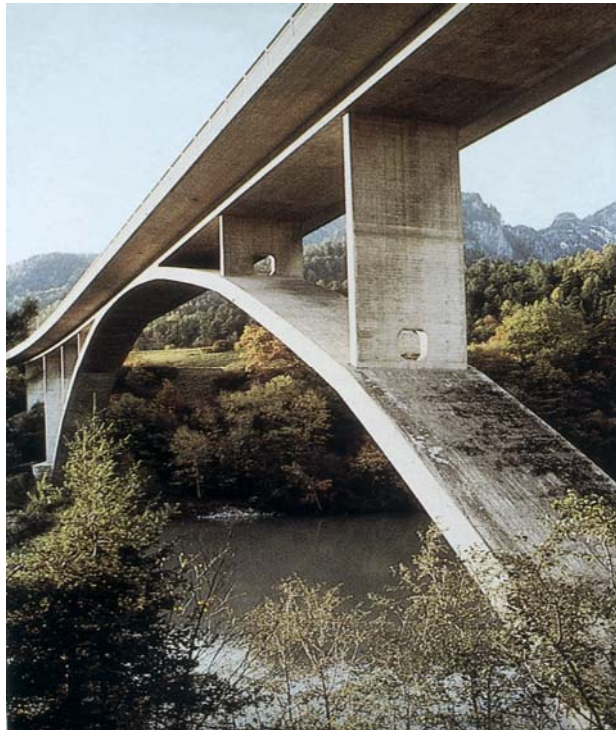
Drahtkabelbrücke in Genf, Dufour/Séguin, 2x40 m, 1822

Saanebrücke in Fribourg, Grand Pont, Joseph Chaley, 273 m  
George Washington Bridge, New York, O. Ammann, 1067 m, 1932  
Golden Gate Bridge, San Francisco, Strauss/Ammann, 1280 m, 1935  
Verrazano Narrows Bridge, New York, O. Ammann, 1298 m, 1965  
Akashi-Kaikyo Brücke, Japan, 1991 m, 1999

### **Schrägseilbrücken:**

Theodor Heuss Brücke über den Rhein, Fritz Leonhardt, 1957  
Rheinbrücke Diepoldsau SG, Bänziger+Partner, R. Walther, 1985  
Sunnibergbrücke Klosters GR, Christian Menn, Bänziger+Partner, 1998  
Leonhard P. Zakim Bunker Hill Bridge, Boston, Christian Menn, 2000

Die Entwicklung der Schrägseilbrücken ist noch in vollem Gang. Es handelt sich um die wirtschaftlichsten Brückensysteme im Bereich bis über 500m Spannweite. Es sind schon Spannweiten bis 890 m realisiert. Es gibt von C. Menn aus dem Jahr 1998 einen Entwurf für eine Brücke über die Meerenge von Messina mit 3000m Spannweite, wobei dies eine Kombination von Hängebrücke mit schräg liegender Seilabspannung ist.



**Bild 2:** Rheinbrücke bei Tamins/GR, Christian Menn, 1962

In Frankreich ist im Dezember 2004 die höchste Schrägseilbrücke der Welt in Betrieb genommen worden. Es ist die sechsfeldrige Millaubridge über das Tal der Tarn für die Autobahn A 75 nach Montpellier. Die Fahrbahn liegt bis zu 275m über dem Talgrund, der höchste Pfeiler mit Pylon ist 343 m hoch. Der Entwurf stammt vom französischen Ingenieur **M. Virlogeux** und vom englischen Architekten **Sir Norman Foster**.

### **Brückenbau als uralte Herausforderung**

Es gibt faszinierend schöne Menschen, faszinierende Berge und Landschaften, faszinierende Ideen und noch vieles mehr, was fasziniert. Das lateinische "fascinare" bedeutet behexen; unser heutiges "faszinieren" ist ein starkes Beeindrucktsein, ein Gebanntsein von einem Erlebnis oder einer Begegnung; es kann aber auch in eine religiöse Dimension hineingehen und das ansprechen, was das Geheimnis des Göttlichen ausmacht, nämlich: Fern und zugleich anziehend, furchterregend und verlockend.

Damit sei gesagt, dass die Faszination nicht rational verstanden werden kann, sondern in tieferen Ebenen des Menschen angesiedelt ist. Für mich ist die Faszination für den Brückenbau wie ein "feu sacré", es sind geistige Flammen, die von einer schönen Brücke, sei sie schon gebaut oder noch im Entwurf, zum Menschen überspringen und eine Begeisterung auslösen. Die Aufgabe, ein unüberwindlich scheinendes Hindernis, etwa einen breiten Fluss oder eine tiefe Schlucht wie z. B. das 100m tiefe Salginatobel zu überbrücken, ist faszinierend, d.h. furchterregend und verlockend zugleich, und lässt den Brückenkonstrukteur nicht mehr los, bis er ein gutes Konzept gefunden hat. Brücken bauen ist seit jeher eine Herausforderung für die Menschen. Es spielt dabei keine Rolle, ob es sich um eine primitive Holzstammbrücke über einen reissenden Bach oder eine tiefe Schlucht oder um ein grosses Bauwerk über einen breiten Fluss oder ein grosses Tal handelt. Das Wesentliche dabei ist, dass die Kraft des Verbindens von getrennten Seiten angesprochen wird. Nicht umsonst haben sich viele Maler Brücken als Motiv gewählt und haben sich unzählige Dichter symbolisch mit ihnen befasst; Brückenbauwerke gehören zur Kultur, zur Entwicklungsgeschichte und zur Religion der Menschheit.

### **Der Entwurf**

Der Unterschied zwischen dem heutigen modernen Brückenbau und rein architektonischen Schöpfungen ist, dass für die Formgebung und Bemessung statische und grundbauliche Überlegungen notwendig sind, die von Laien nicht ohne weiteres verstanden werden können. Versierte Brückenbauingenieure und -ingenieurinnen haben durch die ständige Übung im Entwerfen und Konstruieren jedoch so viel Erfahrung, dass sie ein Bauwerk durchgestalten können, ohne viel rechnen zu müssen. Allerdings müssen sie über umfangreiche Kenntnisse aller in Frage kommenden Brückensysteme verfügen, um ein brauchbares Konzept zu erarbeiten. Die Entwurfsidee entwickelt sich als Gesamtschau im Kopf. Es braucht viele Entwürfe bis mittels Eliminationsverfahren das Konzept steht. Ein entscheidender Faktor für das Konzept ist die Einbindung in die Umgebung des Bauwerks. Dabei wird die Wahl der Linienführung der Strasse oder der Bahn durch verschiedene Kriterien, insbesondere auch durch politische, bestimmt. Sie kann vom Brückenbauer oder von der Brückenbauerin meist nur noch in engen Grenzen verändert werden. Fügt sich schon die Linienführung in eine schöne Landschaft möglichst harmonisch und unauffällig ein, so hat sich auch das Brückenbauwerk der Umgebung unterzuordnen. Es wird **integriert**. Ein Beispiel hierfür ist die Aarebrücke der A3 in unmittelbarer Nähe des Kurgebietes Bad Schinznach. Umgekehrt gibt es Fälle, wo von der Linienführung her oder auch vom Charakter der Landschaft her es erwünscht ist, dass das

Brückenbauwerk seine Umgebung dominiert, ja fast **konfrontiert**. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Ganterbrücke an der Simplonstrasse im Wallis.



**Bild 3:** Ganterbrücke an der Simplonstrasse/VS, C. Menn, 1980

**Bild 4:** Rheinbrücke Diepoldsau/SG, Bänziger und Partner/R. Walther, 1984/86



Ähnliches gilt, wenn die Bevölkerung wünscht, durch ein besonderes Bauwerk ein **Wahrzeichen** zu erhalten. Dies ist meistens mit Mehrkosten verbunden und bedarf in einer Demokratie einer grossen Überzeugungsarbeit bei den verantwortlichen Behörden. Hierzu können die Beispiele Rheinbrücke Diepoldsau und die Sunnibergbrücke Klosters genannt werden.



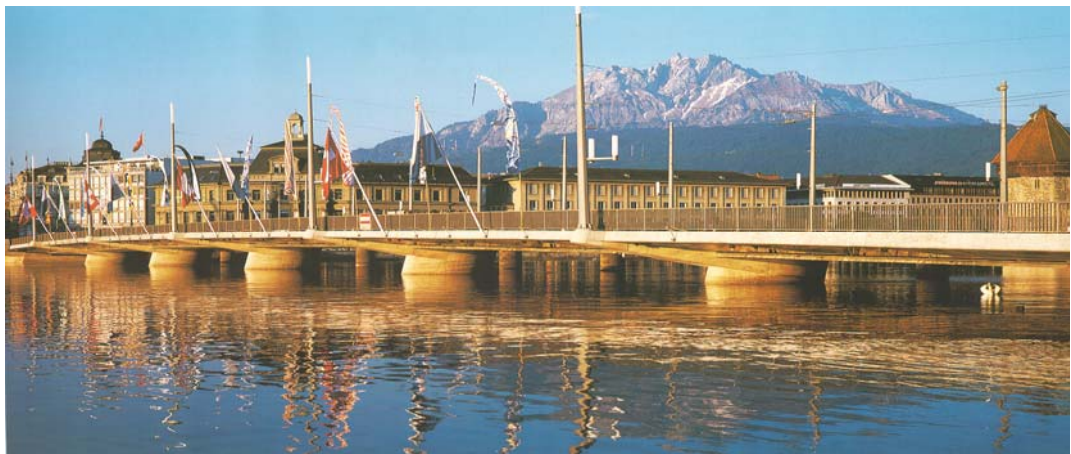
**Bild 5:** Sunnibergbrücke bei Klosters/GR, C. Menn/Bänziger+Partner, 1996-98

Besonders zu beachten sind Bereiche der Landschaft, die geschont werden müssen, z.B. Naturschutzgebiete, schöne Baumgruppen, Wald mit eng begrenzter Rodungsschneise und anderes mehr. In solchen Fällen empfiehlt sich der Beizug eines Landschaftsarchitekten bzw. einer Landschaftsarchitektin. Ein gelungenes Beispiel hierfür ist das "Aquatische System" unter der oben erwähnten Aarebrücke der A3 bei Schinznach.



**Bild 6:** Aarebrücke der A3 bei Schinznach/AG mit aquatischem System, Inge, Bänziger +Partner FF, 1988-93

In vielen Fällen, vor allem in städtischem Gebiet, ist der Beizug eines Architekten oder einer Architektin für den Brückeningenieur bzw. die Brückeningenieurin sinnvoll. Die Zusammenarbeit von Fachpersonen aus Brückenbau, Architektur und Landschaftsarchitektur vom allerersten Entwurf an, kann fruchtbar sein, wenn die drei Personen sich menschlich gut verstehen, wenn jede ihr Metier auf hohem Niveau beherrscht und wenn jede vorurteilslos auf die andern eingeht und dadurch sachliche Diskussionen mit neuen Impulsen ausgelöst werden. Primadonnen-Allüren, wie sie gewissen "Star-Architekten" eigen sind, haben in einer solchen Zusammenarbeit keinen Platz. Wenn die vorgenannten Voraussetzungen erfüllt sind, ist eine solche Zusammenarbeit in der Entwurfsphase nicht nur ungeheuer spannend, sondern überaus faszinierend.



**Bild 7:** Seebücke Luzern, Inge, Bänziger+Partner, 1994-97

## Gestaltung und Konstruktion

Für die Gestaltung des Tragwerkes an sich gibt es für jedes Tragsystem Gestaltungsregeln, die sich aus der Erfahrung heraus gebildet haben. Wesentliche Elemente sind die Wahl der Spannweiten, die Schlankheit des Trägers, die Transparenz des Bauwerkes, die von Anzahl und Form der Stützen bestimmt wird und die Ausbildung der Widerlager. Wichtig ist dabei der überzeugende Übergang vom Tragwerk auf das Widerlager. Die einzelnen Bauteile eines Tragwerkes sollen ausgewogen sein und eine regelmässige Ordnung aufweisen. Die Proportionen und der Rhythmus sollen anerkannten Regeln folgen. Die Harmonie der Spannweiten kann z. B. auch an einem Monochord-Saiteninstrument überprüft werden. Es sollen möglichst wenig verschiedene Materialien eingesetzt werden. Die gewählte Form muss den Materialeigenschaften entsprechen. Die Kraftverläufe sollen sichtbar gemacht und die Kräfte auf selbstverständliche Art abgeleitet werden. Ich möchte nicht näher auf die Gestaltung eingehen, sondern einige Bemerkungen zur Konstruktion machen. Es stellt sich die Frage: Was ist eine gute Brückenkonstruktion? Sie beinhaltet sehr viele Elemente, die der Ingenieur oder die Ingenieurin beim Konstruieren eines Tragwerkes ständig im Auge behalten muss:

- Tragsicherheit
- Unfallsicherheit
- Gebrauchstauglichkeit, insbesondere Dauerhaftigkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Einfache Ausführbarkeit
- Rationelle Bauvorgänge und Bauverfahren
- Nutzung des Bauwerkes
- Unterhaltsfreundlichkeit
- Aesthetisch gute Gestaltung
- Umweltfreundlichkeit

Zusätzlich ist noch Rücksicht zu nehmen auf kulturelle und geschichtliche Aspekte, auf Umgebung, Ortsbild usw. Es handelt sich beim Konstruieren um eine sehr anspruchsvolle und schöpferische Tätigkeit, die überaus faszinierend ist. Eines der Elemente aus der vorstehenden Aufstellung möchte ich besonders herausgreifen, nämlich den Bauvorgang bzw. das Bauverfahren. Dieses spielt eine sehr wichtige Rolle und entscheidet im Wesentlichen über die erforderliche Bauzeit und den Preis und damit über die Wirtschaftlichkeit, die in den meisten Fällen für den Zuschlag entscheidend ist. Beispiele hierfür sind:

- Der Lehnenviadukt Beckenried der A2 in Nidwalden, mit 3.15 km die längste Brücke der Schweiz, mit einem hochmechanisierten Vorschubgerüst im 14-Tage-Takt gebaut.
- Die Hundwilertobelbrücke im Appenzell AR, eine Bogenbrücke mit 143 m Bogen spanweite. Für ihre Erstellung wurde vorerst auf jeder Seite ein Stahlbogengerüst für je einen halben Bogen vertikal montiert. Anschliessend sind die beiden Halbbogen heruntergeklappt und zum ganzen Bogen zusammengeschlossen worden. Dieser Stahlfachwerkbogen bildete die Fahrbahn für den Schalungswagen, mit dessen Hilfe die beiden Zwillingsbögen etappenweise betoniert wurden. Bei diesem Vorgang wurden die Stahlfachwerkbogen einbetoniert und bilden einen Teil der Armierung. Es ist



unabdingbar, dass Ingenieure und Ingenieurinnen im Entwurfsstadium mit erfahrenen Bauunternehmen die für den konkreten Fall geeigneten Bauvorgänge abklären.



**Bild 8:** Lehnviadukt Beckenried der A2, Inge, Bänziger+Partner, 1976-80



**Bild 9:** Hundwilertobelbrücke, AR, Bänziger+Partner, 1989-91

### **Qualität und Lebensdauer**

Die Qualität der Konstruktion und die Qualität der Ausführung sind für die Lebensdauer einer Brücke massgebend. Sofern diese Voraussetzungen gegeben sind, kann eine Lebensdauer von über 100 Jahren erreicht werden. Mit Qualität meine ich nicht nur das heute überall in der Schweiz von den Behörden geforderte und praktizierte Qualitäts-Management-System (QMS). Dieses ist wohl notwendig für die Nachvollziehbarkeit aller Vorgänge.

Die **wahre Qualität** des Bauwerkes hängt aber nicht von einem System ab, sondern fast ausschliesslich von der **fachlichen Kompetenz** der Beteiligten. Wichtig für das Erreichen einer hohen Lebensdauer sind auch die regelmässige Kontrolle der Bauwerke und die fachgemässe Durchführung des Unterhaltes. Verschleissteile wie Belag, Abdichtung, Fahrbahnübergänge, Lager usf. sind ungefähr im 25-Jahresrhythmus zu ersetzen. In der Schweiz hat man dies bei den Nationalstrassenbrücken, im Gegensatz zu den Eisenbahnbrücken, zu spät erkannt und organisiert. Dies hing zusammen mit der erst spät geregelten finanziellen Aufteilung des Unterhaltes zwischen Bund und Kantonen.

Deshalb und weil bei einigen Objekten keine oder nur eine ungenügende Abdichtung ausgeführt worden war, ist in den letzten Jahren ein grosser Nachholbedarf für die Instandsetzung der Kunstbauten im Nationalstrassennetz

angefallen. Dazu kommt, dass die SIA-Konstruktions-Normen und die Erdbeben-Normen in der Zwischenzeit verschärft worden sind, sodass teilweise Verstärkungen ausgeführt werden mussten.

Instandsetzung bedeutet die Wiederherstellung der normengemässen Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit.



**Bild 10:** Dreirosenbrücke Basel/Rhein, Inge, Bänziger+Partner FF., 1998-2004

### **Zusammenfassung**

Es wurde versucht, aufzuzeigen, was der Brückenbau bedeutet und dass unser gebirgiges Land schon früh berühmte Brückenbauer und bekannte Brücken hervorgebracht hat. Der Schweizer Brückenbau hat im internationalen Vergleich gesehen auch heute einen hohen Standard, obwohl uns wegen der Kleinräumigkeit die grossen Spannweiten fehlen und es in unserem demokratischen System schwierig ist, faszinierende Konzepte durchzusetzen.

Die Sunnibergbrücke Klosters hat am 21. März 2001 anlässlich des Internationalen Kongresses in Malta den **Outstanding Award der IVBH** (Internationale Vereinigung für Brücken- und Hochbau), sowie am 9. April 2002, anlässlich des Deutschen Bautechnik-Tages in Hamburg, den **Ingenieurbau-Preis 2002 des Verlages Ernst & Sohn Berlin** erhalten.

Die wesentlichen Aspekte des faszinierenden Brückenbaus sind:

- Der Entwurf, mit der Erarbeitung des Gesamtkonzepts sowie die Gestaltung und Konstruktion;
- Die Eigenschaften der Brückenbau-Ingenieurinnen und -ingenieure, nämlich:
  - sie denken mehr synthetisch als analytisch,

- sie sind schöpferisch tätig und sie pflegen die interdisziplinäre Zusammenarbeit, und
- sie denken gesamtheitlich oder, anders ausgedrückt, sie verfügen über Kreativität, Qualitätsdenken, Verantwortungsgefühl und Kommunikationsvermögen.

Unverändert gültig bleibt, was schon der römische Baumeister **Vitruv** ganz knapp darüber aussagte, was die Qualität eines Bauwerkes ausmache::

<b>Utilitas</b>	=	<b>Nützlichkeit</b>
<b>Firmitas</b>	=	<b>Beständigkeit</b>
<b>Venustas</b>	=	<b>Schönheit</b>

Dazu kommt heute die **Wirtschaftlichkeit**. Ihr Stellenwert ist leider oft absolut prioritär und verhindert damit öfters schöne Gestaltungen. Brückenbaukunst entsteht nämlich aus einer **optimalen Balance von Wirtschaftlichkeit und hoher gestalterischer Qualität**.



**Bild 11:** Sunnibergbrücke bei Klosters, C. Menn / Bänziger+Partner, 1996-98

Unverändert gültig bleibt, was schon der römische Baumeister **Vitruv** ganz knapp darüber, was die Qualität eines Bauwerkes ausmache, aussagte:

<b>Utilitas</b>	=	<b>Nützlichkeit</b>
<b>Firmitas</b>	=	<b>Beständigkeit</b>
<b>Venustas</b>	=	<b>Schönheit</b>

Dazu kommt heute die **Wirtschaftlichkeit**. Ihr Stellenwert ist leider oft absolut prioritär und verhindert damit öfters schöne Gestaltungen. Brückenbaukunst entsteht

nämlich aus einer **optimalen Balance von Wirtschaftlichkeit und hoher gestalterischer Qualität.**

*Quelle: Dieser Text wurde von ETH-Alumni Ehrenmitglied Dialma Bänziger im Januar 2005 für den Rückblick der Alumni auf ETHistory verfasst – die Ansichten des Autors müssen sich nicht mit denjenigen des Projektteams von ETHistory decken.*