

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Keller, Hubert; Heigerth, Günther; Knoblauch, Helmut

Entlandungsmaßnahmen unterhalb eines Flusskraftwerks

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103919>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Keller, Hubert; Heigerth, Günther; Knoblauch, Helmut (2004): Entlandungsmaßnahmen unterhalb eines Flusskraftwerks. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Risiken bei der Bemessung und Bewirtschaftung von Fließgewässern und Stauanlagen. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 27. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 317-326.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Entlandungsmaßnahmen unterhalb eines Flusskraftwerks

Hubert Keller, Günther Heigerth, Helmut Knoblauch

An einem Vollmodell im Maßstab 1:40 wurden hydraulische Modellversuche im Hermann-Grengg Wasserbaulaboratorium der TU-Graz durchgeführt, um eine Verbesserung der Geschiebetrift unterhalb eines Flusskraftwerks zu erzielen. Die Maßnahmen sehen eine Verlängerung des Unterwasser-Trennpfeilers zwischen den Turbinenfeldern und der Wehranlage vor. Die Optimierung konzentrierte sich letztendlich auf zwei Varianten, deren Auswirkungen in Bezug auf den Ausgangszustand präsentiert werden. Die Ergebnisse des Modellversuchs zeigten eine signifikante Verbesserung der Geschiebetrift, wobei vor allem der Einfluss auf die Wasserführungen während der Winterzeit von Interesse ist.

Stichworte: Flusskraftwerk, Verlandung, Geschiebetrift

1 Einleitung

Das Kraftwerk St. Veit wurde in den Jahren 1986 bis 1988 als Teil der Wasserkraftanlagen an der „Mittleren Salzach“ errichtet. Bei einer Ausbauwassermenge von $183 \text{ m}^3/\text{s}$ und einer Nutzfallhöhe von 10,4 m beträgt die Engpassleistung 16,5 MW. Die Wehranlage besteht aus 3 je 10 m breiten Wehrfeldern. Als Verschlüsse dienen Drucksegmente mit aufgesetzten Klappen, in Summe je 10,6 m hoch. Die 2 horizontalen Kaplan-Rohrturbinen (Laufreddurchmesser 3,6 m) besitzen ein maximales Schluckvermögen von je $101 \text{ m}^3/\text{s}$. Eine bis zu maximal 5,5 m tiefe und 1700 m lange Unterwassereintiefung schließt an die Anlage an, die Sohlneigung beträgt in diesem Bereich 0,05%.

Im Rahmen der Betriebsvorschrift ist die Einhaltung maximaler Hochwasserspiegellagen sowie der weitgehende Geschiebetransport bei Hochwässern zu gewährleisten. Angestrebt wird die bei einem entsprechenden Hochwasserereignis mögliche Totalabsenkung aller Stauräume der „Mittleren Salzach“ und damit eine Geschiebetrift durch alle Anlagen. Hydrologische Voraussetzungen sowie die Bedachtnahme auf Laichzeiten (1. März bis 31. Mai) bestimmen die Möglichkeit einer Totalabsenkung.



Abbildung 1: Übersichtslageplan Kraftwerkskette „Mittlere Salzach“

2 Anlandungen beim KW St. Veit

Beim Kraftwerk St. Veit kam es in den letzten Jahren durch betriebsbedingte Spülungen bei unzureichenden Wasserfrachten zur verstärkten Anlandung an Geschiebe im Unterwasser der Wehranlage. Dies zeitigt aus der Sicht der Wasserkraftnutzung aber auch der Flussmorphologie nachteilige Folgen. Zur Abklärung der hydraulisch – wasserbaulichen Fragestellungen wurde das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Graz von der Verbund Austrian Hydro Power AG (AHP) mit der Durchführung eines hydraulischen Modellversuches an einem Vollmodell mit fester bzw. beweglicher Sohle beauftragt. Im Modellversuch sollten Leiteinrichtungen im Flussbett im Unterwasserbereich der Anlage untersucht und optimiert werden. Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, durch die Maßnahmen eine verbesserte Geschiebetrift in diesem Bereich zu erzielen. Damit sollten die Anlandungen reduziert bzw. flussabwärts getriftet sowie die Fallhöhenverluste nach Möglichkeit reduziert werden.

Über die Fragestellung dieses einen Modellversuches hinaus sollen beispielhaft Möglichkeiten zur Verbesserung der Geschiebedurchtrift auch für die restlichen Anlagen der „Mittleren Salzach“ für den Fall der Stauspiegelabsenkung der gesamten Staukette aufgezeigt werden.



Abbildung 2: Anlandungen im Unterwasser des KW St. Veit

3 Modellversuche

Das Modell umfasste den Oberwasserbereich auf eine Länge von ca. 250 m und den Unterwasserbereich auf eine Länge von ca. 550 m, die Wehranlage und den Triebwasserweg. Die Böschungen und die Wehranlage wurden aus Beton hergestellt. Das linksufrige Maschinenhaus und die Segmentverschlüsse mit den aufgesetzten Klappen wurde aus Kunststoff bzw. Plexiglas gefertigt. Die Turbinen wurden durch Messblenden simuliert, die im Laufradquerschnitt angeordnet und in Vorversuchen kalibriert worden waren.

Die Flusssohle wurde je nach Versuchsanforderung als feste oder bewegliche Sohle ausgeführt. Das hydraulische Modell wurde nach dem Froude'schen Ähnlichkeitskriterium als nicht überhöhtes Vollmodell betrieben. Der Modellmaßstab ist mit 1:40 festgelegt worden.



Abbildung 3: Modellversuch KW St. Veit; Ansicht vom Unterwasser

Die Wasserversorgung des Modells erfolgte über eine Rohrleitung DN 250 mit einem eingebauten Induktiven Durchflussmesser. Die Beschickung des Modells mit Geschiebe erfolgte im Bereich der Wasserzugabe mittels einer Zugabestation gleichmäßig über den Querschnitt verteilt. Den hydrologischen Vorgaben entsprechend ergab sich eine Beschickung des Modells zwischen $Q_{\text{Modell}} = 8,78 \text{ l/s}$ ($MQ=88,8 \text{ m}^3/\text{s}$) und $Q_{\text{Modell}} = 113,6 \text{ l/s}$ ($RHHQ=1150 \text{ m}^3/\text{s}$) bei einem Ausbaudurchfluss von $Q_{\text{Modell}} = 18,1 \text{ l/s}$ ($Q_A=183 \text{ m}^3/\text{s}$).

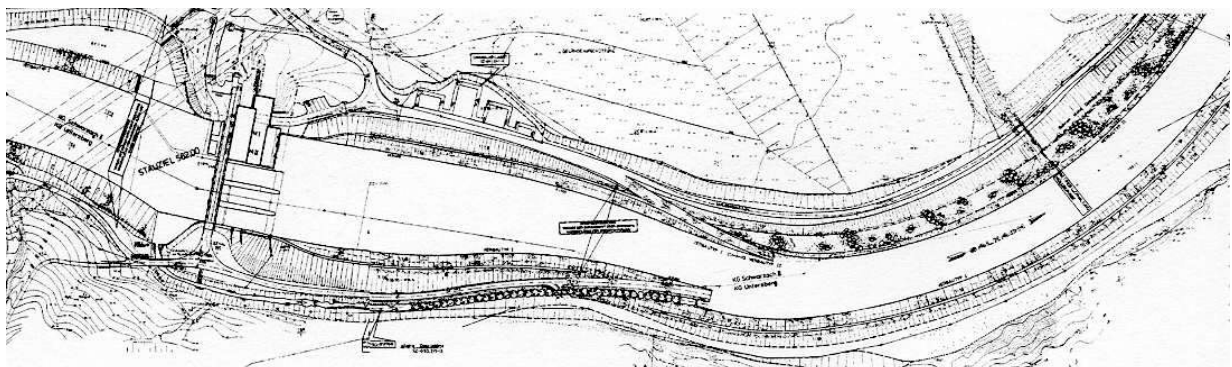


Abbildung 4: Lageplan Modellversuch St. Veit

4 Geschiebebewegung

Da sich durch die Anlandungen eine veränderte Sohllage eingestellt hatte, wurden zu Beginn die kollaudierten Sohllagen eingebaut. Die Simulation der Geschiebebewegungen erfolgte im Allgemeinen mit Keramiksand ($\rho=2,66 \text{ t/m}^3$) der Kornklasse 0,5 – 1,2 mm. Die Modell-Sandmischung wurde auf Grundlage von sechs Geschiebeproben aus dem Unterwasser der Anlage ausgewählt und entspricht dem Natur-Korngrößenbereich von ca. 12 - 50 mm.

5 Kalibrierung

Die Kalibrierung der unverlandeten Sohllagen ergab eine gute Übereinstimmung zwischen den Natur- und den Modellwerten (Abb. 5).

Für die Kalibrierung der verlandeten Sohllagen wurden Spülversuche für den Ausgangszustand mit zwei Arten von Sedimenten durchgeführt, nämlich Quarzsand ($0,6 < d < 2,2 \text{ mm}$) und Keramiksand ($0,5 < d < 1,2 \text{ mm}$). Dabei wurde von folgendem Belastungsfall ausgegangen:

Tabelle 1 Lastfall zur Kalibrierung der verlandeten Sohle (Ausgangszustand); T_M ... Zeiten im Modell; V_N ... Volumina in der Natur

$T_M = 0:00$ Uhr:	Beginn Spülung (Öffnen der 3 Wehrfelder)
0:00 - 1:00 Uhr:	Spülung von Sediment aus dem Stauraum, $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$, $V_N = 12.500 \text{ m}^3$
1:00 - 8:00 Uhr:	Spülung mit $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$, ständige Zugabe von $V_{N,Zugabe} = 93.343 \text{ m}^3$
8:00 - 12:00 Uhr:	Spülung mit Reinwasser über Wehrfelder, $Q = 220 \text{ m}^3/\text{s}$
12:00 - 16:00 Uhr:	Spülung im Turbinenbetrieb, $Q_A = 183 \text{ m}^3/\text{s}$

Anmerkung: Der Zeitmaßstab betrug $T_N/T_M = 6,32$

Gemessen wurden die Querprofile der verlandeten Sohle jeweils in Profilen 80, 130 und 330 m unterhalb der Anlage zu 4 verschiedenen Zeiten.

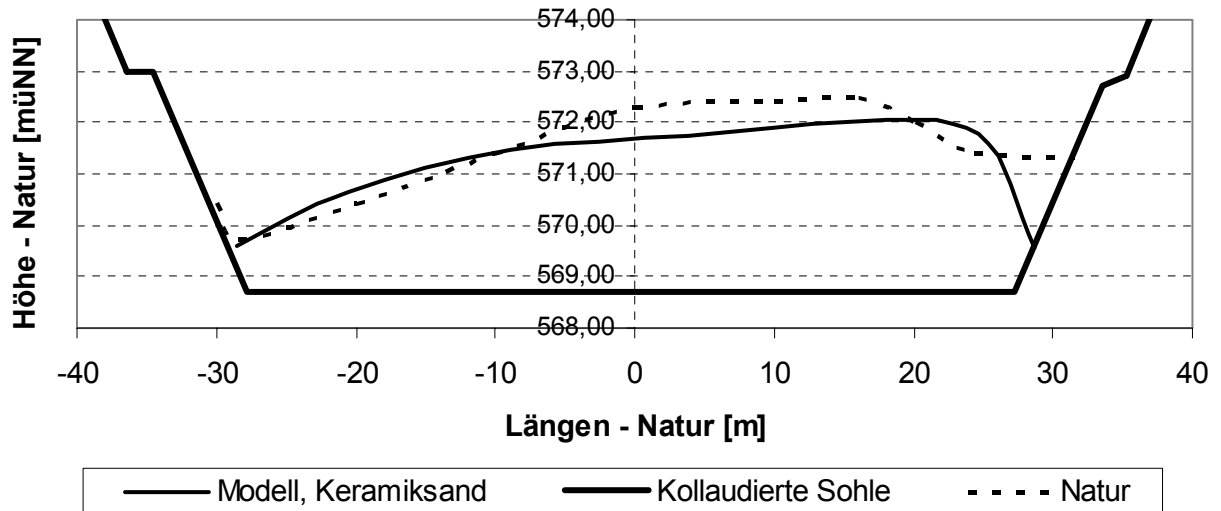


Abbildung 5: Vergleich des verlandeten Profils 80 m unterhalb der Anlage zu $T_M = 14$ Uhr

Für beide verwendete Sande zeigte sich eindeutig die Entwicklungstendenz der Anlandung als Folge des Spülvorgangs; die Übereinstimmung zwischen Natur und Modellversuch war sehr gut. Die Tendenz einer exakteren Anpassung an die Naturergebnisse sprach für die Verwendung des Keramiksandes, weshalb dieser für die weiteren Versuche herangezogen wurde.

6 Ausgangszustand

Diese Variante wurde zu Vergleichszwecken für die anderen Varianten herangezogen. Eingebaut wurde als feste Sohle die im Projekt vorgegebene kollaudierte Sohle, die verlandete Sohle ergab sich durch die hydrologische und sedimentologische Beaufschlagung (Abb. 6).

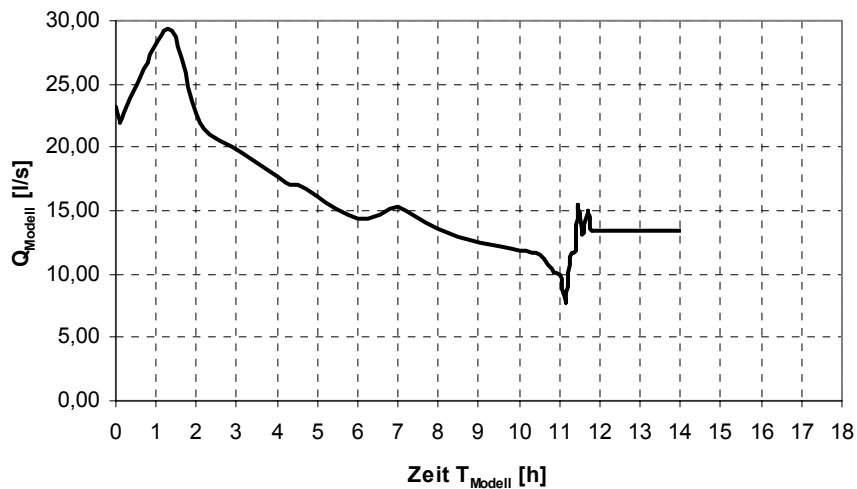


Abbildung 6: Ganglinie der Beaufschlagung

Tabelle 2 Sediment-Beaufschlagung
 T_M ... Zeiten im Modell; V_N ... Volumina in der Natur

$0 < T_N < 4,2$ [h];	$0 < T_M < 0,67$ [h]	$V_N = 11.015 \text{ m}^3$ (liegt im Stauration)
$4,2 < T_N < 44,2$ [h];	$0,67 < T_M < 7$ [h]	$V_N = 7.048 \text{ m}^3/\text{h}$ (gesamt 44.615 m^3)
$44,2 < T_N < 68,6$ [h];	$7 < T_M < 10,86$ [h]	$V_N = 4.500 \text{ m}^3/\text{h}$ (gesamt 17.370 m^3)
		in Summe $V_N = 73.000 \text{ m}^3$

In Summe wurden daher $V_N = 11.015 + 44.615 + 17.370 = 73.000 \text{ m}^3$ aus dem Stauration gespült.

7 Trennpfeiler 1

Diese Variante sah die Verlängerung des Trennpfeilers zwischen dem Triebwasserauslauf und dem Wehrfeld bis zum Ende des Turbinenauslaufes vor. Dieser Trennpfeiler schließt mit dem Ende des Turbinenauslaufes mit einer vertikalen Wand ab. (In einer Vor-Variante dazu wurde im Anschluss ein geschüttetes Leitbauwerk auf eine Länge von ca. 88 m errichtet, dessen Wirksamkeit jedoch nicht gegeben war.)



Abbildung 7: Trennpfeiler 1, Verlängerung auf volle Höhe

8 Ergebnisse Trennpfeiler 1

Die Profilaufnahmen zeigen im Vergleich zum Ausgangszustand eine zum Teil beträchtlich tiefere Sohlage. Dies gilt für die Profile 80 m ($\Delta h = 30 - 80$ cm) und 130 m ($\Delta h = 20 - 70$ cm) unterhalb der Anlage.

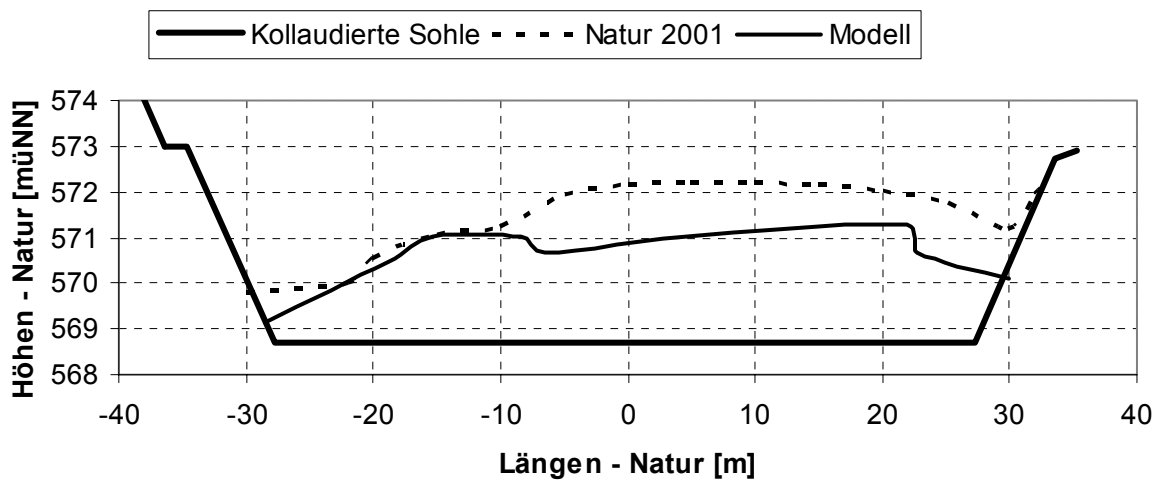


Abbildung 8: Verlandungen im Profil 80 m unterhalb der Anlage nach $T_M=14$ Stunden

9 Trennpfeiler 2

In einem weiteren Entwicklungsschritt wurde eine Variante konzipiert, die eine Abtreppung des Trennpfeilers der Variante 1 auf die halbe Länge vorsah. Die Abtreppung erfolgte von Höhe $H=572,50$ müNN auf eine Höhe $H=570,80$

müNN. Das Ziel war, durch eine der Variante 1 ähnliche Konstruktion ein kleineres Bauwerk einbauen zu können, ohne ein wesentliche Einschränkung der Wirkung in Kauf nehmen zu müssen.



Abbildung 9: Trennpfeiler 2, abgetrept

10 Ergebnisse Trennpfeiler 2

Die Profilaufnahmen zeigen im Vergleich zum Ausgangszustand tiefere Sohllagen. Die Differenzen erreichen in ihrer Größe jedoch nicht die der Variante 1. So lassen sich für das Profil 80 m unterhalb der Anlage eine Differenz von $\Delta h = 10 - 20$ cm und für das Profil 130 m unterhalb der Anlage eine Differenz von $\Delta h = \text{max. } 30$ cm bestimmen.

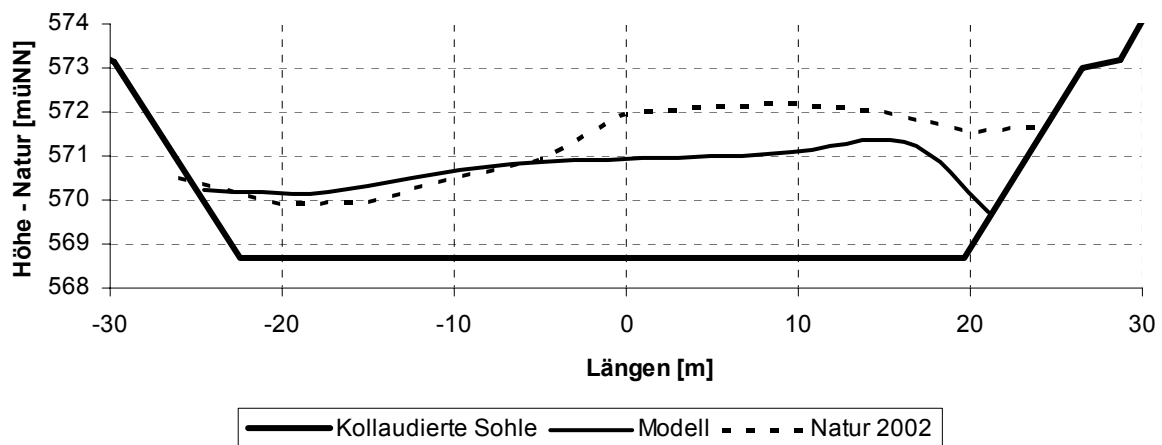


Abbildung 10: Verlandungen im Profil 130 m unterhalb der Anlage nach $T_M=18$ h

11 Zusammenfassung und Ergebnis

Untersucht wurde die Optimierung der Geschiebetrift im Unterwasser eines Flusskraftwerkes mittels einer Verlängerung des Trennpfeilers zwischen Wehrfeld und Turbinenauslauf. In einer Zusammenfassung der Ergebnisse kann gesagt werden, dass die vorgestellten Varianten Trennpfeiler 1 und 2 deutlich gegenüber dem Ausgangszustand zu bevorzugen sind. Dies betrifft die verstärkte Geschiebetrift im Unterwasser der Anlage und damit auch einen tiefer liegenden Wasserspiegel. So zeigen die Profilaufnahmen im Vergleich zum Ausgangszustand eine zum Teil beträchtlich tiefere Sohllage.

Ein Vergleich zwischen den beiden Varianten zeigt, dass in Bezug auf die Anlandungen der Trennpfeiler 1 vor allem im Auslaufbereich bessere Verhältnisse zeigt. Andere Gesichtspunkte, wie z.B. ästhetische, ökonomische, etc., die für die zweite Variante sprechen, sind allerdings zusätzlich zu berücksichtigen. Bei Einbau der Variante 2 würde sich außerdem die Möglichkeit einer späteren Erweiterung zur Variante 1 ergeben.

Mit diesen Ergebnissen liegen damit für die übrigen Stufen der Mittleren Salzach grundsätzliche Erkenntnisse für vergleichbare Fragestellungen vor.

Autoren:

Dipl.-Ing. Hubert Keller

Verbundplan GmbH
Rainerstr. 29
A-5020 Salzburg

O.-Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Günther Heigerth
Dipl.-Ing. Dr. Helmut Knoblauch
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Technische Universität Graz
Stremayrgasse 10/II
A-8010 Graz

Tel.: ++ 43-662-8682-22372

Fax: ++43-662-8682-122372

E-Mail: Hubert.Keller@verbundplan.at

Tel.: ++43-316-873-8361

Fax: ++43-873-8357

E-Mail: Guenther.Heigerth@TUGraz.at
Helmut.Knoblauch@TUGraz.at