

## Metallgewinnung aus Kehrichtschlacke: viel Nutzen für wenig Geld

(rb) Die Schweizer Abfallwirtschaft steht vor einem Dilemma. Trotz der sehr gut etablierten Separatsammlung haben sich die Metallgehalte im Siedlungsabfall in den letzten 10 Jahren nicht verringert. Schuld daran ist vor allem der zunehmend innige Verbund zwischen Kunststoff, Metall und Keramik in Haushaltsgegenständen, der eine vollständige «Trennung an der Quelle» praktisch unmöglich macht. In den Schweizer Siedlungsabfällen liegt daher ein erhebliches rückgewinnbares Metallpotential.

### Das Problem

Auf unseren Deponien werden jährlich rund 5'000 Tonnen Kupfer, 14'000 Tonnen Aluminium sowie erhebliche Mengen an Zink, Chrom und Nickel abgelagert. Die Metalle geraten zunächst mit dem Siedlungsabfall in die Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Im Gegensatz zu brennbaren Abfallkomponenten durchlaufen viele Metalle den Ofen jedoch chemisch und physikalisch weitgehend unverändert und werden zusammen mit der Schlacke ausgetragen. Der grösste Teil der Nichteisenmetalle (NE-Metalle) liegt daher in stückiger Form in der Schlacke vor, so z.B. Messingtürklinken, Kupferkabel, Nickel/Kadmiumakkus, ja sogar Kupfer- und Nickelmünzen. Eine typische Schweizer KVA-Schlacke würde, sofern als geologische Formation vorliegend, als abbauwürdige Erzlagerstätte gelten.



Schlacke aus einer Kehrichtverbrennungsanlage

Warum wird das Metall dann nicht gewinnbringend aus der Schlacke zurückgewonnen? Leider ist dies trotz der hohen Metallgehalte heute nicht kostendeckend. «Natürliche» Erze werden nämlich oft unter katastrophalen Umweltbedingungen, dafür aber kostengünstig in Entwicklungsländern abgebaut und verhüttet. Im Gegensatz dazu

kann in der Schweiz wegen der viel strengeren Umweltauflagen keine mit Primärerzproduzenten konkurrenzfähige Metallgewinnung aus der KVA-Schlacke durchgeführt werden. Durch den Einkauf von NE-Metallen aus Primärressourcen begünstigen wir jedoch indirekt Produktionsmethoden, die nach Schweizer Umweltrecht als illegal zu bezeichnen wären.

### Die Lösung

Dabei liesse sich ein grosser Teil der NE-Metalle auf technisch einfache Weise aus der Schlacke abtrennen, und zwar durch eine Zerkleinerung der Schlacke mit anschließender Absiebung. Diese Zerkleinerung ist «selektiv», denn das spröde, mineralische Schlackenmaterial wird dabei pulverisiert, während die Metalle unzerkleinert bleiben. Auf dem Sieb bleiben daher nur die Metalle liegen und werden via Metallhütten in den Stoffkreislauf zurückgeführt. Der Siebdurchgang besteht hingegen aus den pulverisierten mineralischen Komponenten der Schlacke und kann deponiert werden. Dieses Verfahren ist, wie bereits ausgeführt, nicht kostendeckend, aber der notwendige finanzielle Mehraufwand wäre, gemessen am ökologischen Nutzen, sehr gering.



Zurückgewonnene Metallanteile: Aluminium

Im Sinne einer konsequenten Schweizer Abfallpolitik sollten Metalle aus KVA-Schlacken wieder zurückgewonnen werden. Denn die vom Gesetzgeber geforderten Bedingungen für das «Verwertungsgebot» sind erfüllt: die Metall-Rückgewinnung aus KVA-Schlacke ist technisch machbar, wirtschaftlich tragbar und ökologisch sinnvoll.

Das umtec möchte diese Vision gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Behörden verwirklichen.

## Persönlich

«Nichts wird in der Umweltbranche so intensiv rezykliert wie das Personal». Entsprechend diesem Motto hat das *Institut für angewandte Umwelttechnik* seit Anfang September einen neuen Leiter.

Was wird sich ändern? In fachlicher Hinsicht wird es eine Akzentverschiebung geben. Dabei stellt sich folgendes Problem: einerseits möchten wir ein möglichst breites Spektrum von Umweltthemen bearbeiten, andererseits jedoch eine «Verzettelung» vermeiden. *Breite und Tiefe* unserer Forschungsaktivitäten werden wir kombinieren, indem wir uns auf drei Schwerpunkte konzentrieren. Das heisst jeweils ein Kompetenzschwerpunkt in den Bereichen feste, flüssige und gasförmige Abfallstoffe:

- *Aufbereitung von festen Abfällen:*  
z. B. Bauschutt, Altlasten, KVA-Reststoffe (siehe hierzu auch den Leitartikel)
- *Behandlung von industriellen Abwässern:* z. B. Galvanik, Verzinkereien, Baustellen
- *Behandlung von Motorenabgasen*

Unser Auftrag ist eine Unterstützung der Schweizer Wirtschaft, insbesondere der KMU, durch:

1. die praxisnahe Ausbildung von Ingenieuren
2. den Transfer von Ergebnissen aus der Grundlagenforschung in die KMU
3. die Lösung von aktuellen umwelttechnischen Problemen durch angewandte Forschung und Entwicklung.

In Fortführung der Tradition des *umtec* steht bei unserer Forschung nicht der Zuwachs an wissenschaftlicher Erkenntnis im Vordergrund, sondern der wirtschaftliche Nutzen für den Kunden. Konkret: wir verschaffen unseren industriellen Projektpartnern Wettbewerbsvorteile.

Mit herzlichen Grüssen  
und den besten  
Wünschen für ein  
erfolgreiches 2002!

*Rainer Bunge*

Rainer Bunge



**Denise Furrer**

Neu hat nun Denise Furrer das umtec-Sekretariat übernommen.

Ihre Lehre absolvierte sie in der Firma Huber+Suhner AG in Pfäffikon ZH. Dort arbeitete sie zuerst als Sekretärin in der AVOR für die Kabelherstellung. Nach zwei Jahren wechselte sie in das Betriebsleitersekretariat dieses Bereiches, wo sie auch für die Lehrlingsausbildung zuständig war.

Wohnhaft ist sie in Pfäffikon ZH. Als Ausgleich zum Arbeitsalltag geht Denise gerne Reiten, spielt Squash oder fährt Rollerblades.

**David Thut**

«Gemeinsam etwas erreichen», ein Motto, dem sich David Thut verschrieben hat. Als frischgebackener FH-Absolvent mit Vertiefung Umweltechnik wird er mit diesem Leitsatz am umtec auf Echo stossen.

David hat nach seiner Lehre als Maschinenmechaniker ein Austauschjahr in den USA absolviert. Anschliessend ist er direkt in die HSR eingetreten. Nach seiner Semesterarbeit über das Schürverhalten auf Rosten in einer KVA hat er eine Diplomarbeit über Schlackenaufbereitung in Angriff genommen und mit Erfolg beendet. Im Januar wird er seine Arbeit am Institut aufnehmen.

David ist in Wezikon zu Hause. Er spielt Unihockey, fährt Snowboard oder ist einfach gerne in der Natur. In der Kirche ist er in einem Kinderprogramm tätig.

**Dominik Ebnetter**

Als Absolvent der HSR und waschechter Appenzeller wird Dominik Ebnetter unser Team ab Januar 2002 verstärken.

Dominik hat eine Lehre als Maschinzeichner absolviert, bevor er an der HSR Maschinenbau studierte und im Vertiefungsfach Umweltechnik abgeschlossen hat. Angesprochen von der Vielseitigkeit der Projekte am umtec hat er beschlossen, hier eine interessante Startmöglichkeit in seine berufliche Laufbahn wahrzunehmen. Sein persönliches Interesse an Umweltechnik kommt ihm dabei entgegen.

Neben der Arbeit verbringt Dominik viel Zeit in der Pfadi-Kantonsleitung. Im Winter ist er häufig auf Skiern oder Schneeschuhen anzutreffen.

**Abschied von Christian Wirz**

Ende Jahr verlässt Christian Wirz nach 5-jähriger Tätigkeit das Institut. Nach seiner Rückkehr von der Entwicklungszusammenarbeit in Südamerika unterstützte er die

Übergabe der Institutsleitung und der Administration.

Christian hat während seiner Arbeit wesentlich zum Aufbau des Instituts beigetragen. Neben anspruchsvollen technischen Projekten war er in administrativen und buchhalterischen Belangen sehr engagiert.

Nach der Tätigkeit am umtec zieht es Christian nun in die Industrie. Er wird der Umweltechnik treu bleiben und seine Erfahrungen bei der Von Roll INOVA anwenden. Wir wünschen ihm für diesen Schritt alles Gute und viel Erfolg.

**Abschied von Doris Widmer**

Nach 8-monatiger Tätigkeit hat Doris Widmer das umtec-Team verlassen.

Während dieser Zeit war sie als Sekretärin während zwei Tagen pro Woche tätig. Zu ihren Bereichen gehörten die Administration, die Buchhaltung des Institutes und die Mithilfe bei der Organisation von Tagungen.

Doris Widmer verlässt uns, weil sie zur Zeit keine Möglichkeit sieht, neben ihren Aufgaben als Familienfrau mehr als 40% zu arbeiten.

Wir möchten uns herzlich für die gute Zusammenarbeit bedanken und wünschen ihr viel Glück für die Zukunft.

**Martin Brunner in Costa Rica**

(mb) Es ist morgens sechs Uhr. Draussen auf der Strasse lautes Hupen. Die ersten Schulbusse holen die Kinder ab. Die Ticos (wie sich die Bevölkerung hier liebevoll nennt) sind nicht besonders pünktliche Leute. Und so steht der Busfahrer auf die Hupe, damit die Kinder endlich kommen.

Auch unsere Kinder werden bald aufstehen und vom Schulbus abgeholt. Sie besuchen die Deutsche Schule in San José, ca. 5 km von unserem Wohnort entfernt. Der Name der Schule täuscht allerdings. Mehr als die Hälfte des Unterrichtes ist in Spanisch. So muss die ganze Familie die gleiche Herausforderung bewältigen: sich in einer neuen Sprache und Kultur zurecht zu finden. Aber es klappt erstaunlich gut und ab und zu kommt es sogar vor, dass jemand unser Spanisch versteht...

Ich arbeite hier in Costa Rica für Swisscontact, einer schweizerischen Stiftung für Entwicklungszusammenarbeit. Die Schwerpunkte von Swisscontact sind (neben der Berufsbildung) die Förderung von Kleinunternehmen und der Umweltschutz in Ballungszentren. Swisscontact ist schon seit 30 Jahren in Costa Rica tätig. Zur Zeit bin ich allerdings der einzige Schweizer hier.

Neben mir arbeiten ein lokaler Ingenieur, eine kaufmännische Angestellte und eine Sekretärin für Swisscontact. Meine Aufgabe ist es, neue Projekte im Umweltbereich zu

identifizieren, in denen sich Swisscontact in Zukunft engagieren könnte. Daneben arbeite ich auch in unserem Kaffeeprojekt (siehe Seite 4) mit.



Wie identifiziert man neue Umweltprojekte? Nun, Costa Rica hat zwar zauberhafte Landstriche mit unberührter Natur, aber auch enorme Umweltprobleme. Keine Kläranlagen, mangelhafte Abfallbewirtschaftung und massive Emissionen des Verkehrs. Die Probleme sind schnell erkannt. Es existieren auch erprobte Lösungen, der Knackpunkt ist jedoch (hier noch mehr als in Europa) die Finanzierung.

In Zusammenarbeit mit Behörden und Industrie versuchen wir daher Projekte zu finden, die neben dem ökologischen auch einen gewissen wirtschaftlichen Nutzen für die beteiligten Unternehmen bringen. So sind wir zum Beispiel daran, die Sammlung von Altöl (das heute teilweise noch offen verbrannt wird oder in Boden und Gewässer gelangt) zu organisieren und im Zementwerk anstelle von Erdöl als Brennstoff zu nutzen. Andere mögliche Projekte sind die Sammlung und Wiederverwertung von PET-Flaschen oder die Minimierung des Energieverbrauchs in der Industrie. All diese Projekte werden aber nur dann nachhaltig sein, wenn auch die entsprechenden gesetzlichen Rahmenbedingungen vorhanden sind. Daran arbeiten wir gemeinsam mit den Behörden.

Lohnt sich die Entwicklungszusammenarbeit? Eine Frage, mit der ich mich selber täglich konfrontiere. Ich denke schon. Gerade bei der Ausarbeitung von Gesetzen oder der Planung von Prozessen kann die Erfahrung aus anderen Ländern sehr hilfreich sein. Dadurch wird Schaden und unnötiger Aufwand vermieden. Und so empfinde ich meine Arbeit hier als Beitrag zur Verbesserung der Lebensbedingungen in Mittelamerika.

Martin Brunner, Swisscontact Costa Rica (family.brunner@swissonline.ch)

## Feinpartikel (PM10): Emissionen aus KVA kein Problem

(mz) Das umtec hat an verschiedenen Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) in der Schweiz Messungen der Feinpartikelkonzentrationen im Rauchgas durchgeführt. Dabei konnte den Rauchgasreinigungsanlagen ein sehr gutes Zeugnis ausgestellt werden. Die hohen Abscheidegrade liessen die Partikelkonzentration im austretenden Rauchgas auf das Niveau der Konzentration in der Umgebungsluft sinken.

Seit 1980 konnten die wesentlichen Luftschadstoffe in der Schweiz stark vermindert werden. Emissionen wie z. B. Grobstaub, Säuren oder Schwermetalle wurden zu über 90% reduziert. Im Gegensatz dazu sind die Feinstaubemissionen unvermindert hoch. Lufthygienisch relevant sind Schwebeteilchen, die einen (aerodynamischen) Durchmesser von weniger als 10 µm aufweisen und damit in die Lunge gelangen können. Diese Teilchen werden als PM10 (Particulate Matter) bezeichnet. Wichtige antropogene PM10-Quellen sind der Strassenverkehr, der Offroadsektor, Heizungen, Feuerungen sowie industrielle Prozesse. Man geht davon aus, dass der Strassenverkehr zwischen 40 und 60% zur PM10-Konzentration beiträgt. Über die weiteren PM10-Emittenten ist sehr wenig bekannt.

In der Vergangenheit haben sich die Kehrlichtverbrennungsanlagen als wesentliche Emissionsquellen unter den industriellen Prozessen erwiesen. Aufgrund der Verbrennungstemperaturen und der Abfallzusammensetzung (Schwermetalle, Salze, mineralische Bestandteile) wurden relevante Konzentrationen an PM10 erwartet. Durch die Nachrüstung der Anlagen im Rauchgasreinigungsbereich können inzwischen die wesentlichen Emissionen wie Säuren, Schwermetalle und Stickoxide reduziert werden. Über die Effizienz der Reinigungsstufen im Bezug auf die PM10-Reduktion ist jedoch bis heute nichts bekannt. Dementsprechend existiert keine etablierte Methodik zur PM10-Messung in KVA's.



Kehrlichtverbrennungsanlage

### Die Messmethodik

Für Partikelmessungen in Rauchgasen werden meistens gravimetrische Verfahren eingesetzt. Damit lässt sich jedoch nur eine

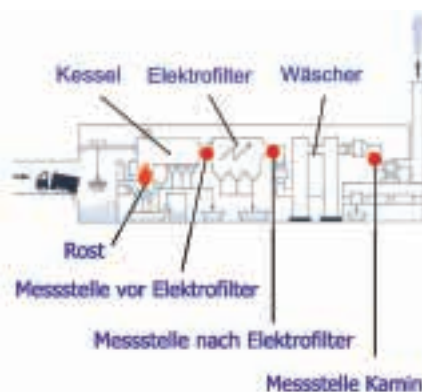
Aussage über die Gesamtmasse der Partikel, nicht aber über ihre Grössenverteilung machen. Für die Messung der Partikelverteilung stehen heute verschiedene Geräte zur Verfügung. Allerdings wurden diese Geräte bisher nicht für Messungen in KVA's eingesetzt. Um eine Bestandesaufnahme der PM10-Emissionen bei Abfallverbrennungsanlagen durchzuführen, musste erst die Tauglichkeit dieser Geräte für einen solchen Einsatz geprüft werden. Zusätzlich waren ein Probenahmesystem und eine Messgasaufbereitung zu entwickeln.

### Die Feinpartikelmessungen

Für eine Bestandesaufnahme der Feinstaub-Emissionen in Abfallverbrennungsanlagen wurde in vier Anlagen, die mit verschiedenen Rauchgasreinigungssystemen ausgerüstet sind, gemessen.

Um Rückschlüsse über die Entstehung der Feinpartikel und das Abscheidevermögen der einzelnen Reinigungsstufen zu ziehen, wurden in den Kehrlichtverbrennungsanlagen entlang der Rauchgasreinigungslinien an drei Stellen Messungen durchgeführt:

1. vor Elektrofilter (Rohgas)
2. nach Elektrofilter
3. im Kamin (Reingas)

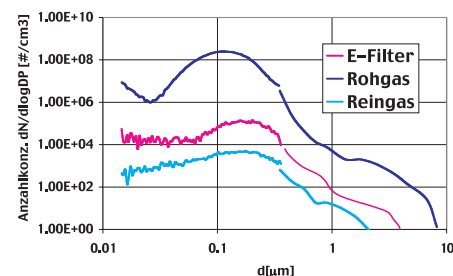


Messstellen in der Rauchgasreinigungslinie

Da die verschiedenen Messgeräte nur einen begrenzten Ausschnitt des Partikelgrössenspektrums zuverlässig messen, wurden die evaluierten Messgeräte an jeder Messstelle parallel betrieben. So konnte ein Partikelgrössenbereich zwischen 0.03 und 10 µm erfasst werden.

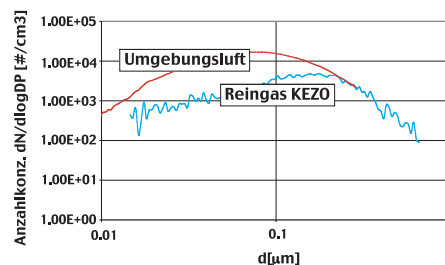
### Die Resultate

Das folgende Diagramm zeigt die Messresultate einer Anlage. Im Rohgas liegt die Konzentration für Partikel mit einem Durchmesser von 0.1 µm über  $10^8$  Partikel/cm<sup>3</sup>. Durch den Elektrofilter wird die Konzentration auf  $10^5$  und durch die weitere Rauchgasreinigung unter  $10^4$  Partikel/cm<sup>3</sup> reduziert.



Partikelkonzentrationen in der Rauchgasreinigungslinie

Vergleicht man die im Reingas gemessenen Werte mit der Umgebungsluft, so stellt man fest, dass sich die Konzentration für Partikel >0.1 µm in der gleichen Grössenordnung bewegen. Für Partikel <0.1 µm liegt die Konzentration im Reingas sogar deutlich unter der Konzentration in der Umgebungsluft.



Vergleich Reingas/Umgebungsluft

Der Elektrofilter erreicht Abscheidegrade zwischen 99.9% und 99.99%. Die nasse Rauchgasreinigung vermindert die Konzentrationen um weitere 95%. Insgesamt liegt die Konzentration im Reingas für den betrachteten Partikeldurchmesserbereich von 0.01 bis 10 µm im Bereich der Konzentration in der Umgebungsluft.

### Die Schlussfolgerungen

Die Messungen zeigen, dass Abfallverbrennungsanlagen mit einer Rauchgasreinigung nach dem Stand der Technik keine wesentliche PM10-Quelle darstellen. Partikel über 1 µm sind nur in unbedeutender Anzahl zu finden.

### Die Projektpartner

Dieses Projekt erfolgte in Zusammenarbeit mit:

- Institut für Sensoren und Signale, FH Aargau
- Von Roll INOVA
- Babcock Borsig Power, CT Environment
- Matter Engineering AG
- BUWAL

## Abschluss DeNOX Phase II

(cw) Ende November wurde die zweite Projektphase zur Entwicklung eines Systems zur Stickoxidreduktion bei Dieselfahrzeugen erfolgreich beendet (umtec berichtet in der letzten Ausgabe ausführlich).

Für die Abschlussmessungen wurden mit dem Versuchslastwagen der Firma Camion Transport/Wil vier verschiedene Teststrecken gefahren. Das DeNO<sub>x</sub>-System schied auf der Überlandfahrt 88% und auf der Autobahnstrecke rund 85% der emittierten Stickoxide ab. Ein LKW der Schadstoffklasse EURO 1 erreicht somit Stickoxid-Werte von EURO 5. Zusammen mit einem Partikelfilter kann so ein nachrüstbares System für mobile Dieselmotoren angeboten werden, welches gesamthaft die EURO 5-Norm einhält.

In der nächsten Phase wird das DeNO<sub>x</sub>-System auf Bussen des öffentlichen Verkehrs installiert und weiterentwickelt. Zusammen mit unseren Partnern Hug Engineering AG, Weisslingen, und LARAG AG, Wil, planen wir die Entwicklung des Systems zur Marktreife.

Für die finanzielle Unterstützung der KTI und der Erdölvereinigung in dieser Projektphase danken wir ganz herzlich und hoffen auf weitere gute Zusammenarbeit.

## Kaffeebohnen-Projekt in Costa-Rica

(mb) Wer denkt schon beim Kaffeetrinken an Umweltprobleme? Tatsächlich verursacht aber die Kaffeeverarbeitung eine massive Abfallproblematik und fortschreitende Abholzung in den Entwicklungsländern.

Die Kaffeebohne, die wir kennen, entspricht nämlich nur 18% der Kaffeefrucht. Über 60% bleiben bei der Verarbeitung als nicht verwertbare Kaffeeschale (die sog. Broza) übrig.



Kaffeefrüchte (links) und die entsprechende Menge an Kaffeebohnen

Für die Trocknung der Kaffeebohnen wird zudem sehr viel Brennholz verbraucht (25% des Brennholzbedarfs von Costa Rica wird alleine für die Kaffeetrocknung verwendet). Der Energieinhalt der Broza würde eigentlich ausreichen, um den Kaffee zu trocknen.



Aber sie enthält so viel Wasser, dass keine direkte Verbrennung möglich ist. Deshalb wird nun versucht, die Broza zu entwässern, mit Restwärme zu trocknen und anschliessend als Brennstoff zu nutzen.

In diesem von Swisscontact initiierten Projekt leitet Martin Brunner die Planung der ersten grosstechnischen Versuchsanlage in Costa Rica. Das umtec wirkt dabei als «Backstop» und arbeitet bei der Beschaffung von Informationen und Kontakten mit.

## Laufende Diplomarbeiten

(mz) Zur Reduktion von Stickoxiden bei mobilen Dieselmotoren wurde als Reduktionsmittel während früherer Versuche Ammoniakwasser verwendet. Dabei können aber Geruchsemissionen entstehen, welche beim Einsatz von Harnstoff wegfallen würden. Um eine serienreife Lösung mit Harnstoff zu entwickeln, wurde am umtec eine Diplomarbeit mit einem selbst entwickelten Harnstoffreaktor gestartet. Damit kann mitgeführter Harnstoff direkt auf dem Fahrzeug in das benötigte Ammoniak umgewandelt werden. Die ersten Versuche zeigen sehr Erfolg versprechende Resultate.

Eine weitere Diplomarbeit befasst sich mit der Gasaufbereitung für ein mobiles NO<sub>2</sub>-Messgerät. Beim Abkühlen des Abgases auf die Messtemperatur fällt Kondensat aus und bildet zusammen mit NO<sub>2</sub> salpetrige Säure. Der so gebundene Anteil NO<sub>2</sub> fehlt dann in der Gasmessung und verfälscht dadurch das Messergebnis. Dieses Kondensat würde ausserdem nach kurzer Zeit das Gerät zerstören. Die Aufgabe besteht nun darin, durch eine genau definierte Verdünnung des Messgases den Taupunkt soweit

nach unten zu verschieben, dass ein Auskondensieren der Abgasfeuchtigkeit unterdrückt werden kann.

Die dritte Arbeit beschäftigt sich mit der Aufbereitung von KVA-Schlacken. Dabei werden Schlackenproben aus zehn Schweizer KVA's auf die Gehalte an Metallen untersucht. Ziel der Arbeit ist eine Abschätzung der Metallmenge, die mit einfachen technischen Mitteln aus der Schlacke zurückgewonnen werden kann (mehr zu diesem Thema in unserem Leitartikel auf Seite 1).

Hätten Sie Interesse, ein eigenes Projekt mit uns zu bearbeiten? Sie stellen die Aufgabe, die Studenten bearbeiten die Fragestellung in enger Zusammenarbeit mit Ihnen. Die Resultate behandeln wir selbstverständlich vertraulich. Die Arbeit der Studenten ist für Sie kostenlos.

Falls Sie gerne ein Thema gemeinsam mit uns bearbeiten möchten, rufen Sie uns an (055 222 48 60).

## Impressum

Redaktion: Denise Furrer (df)  
Oberseestrasse 10  
8640 Rapperswil  
Telefon 055 222 48 60  
www.umtec.ch

Mitarbeiter: Rainer Bunge (rb)  
Christian Wirz (cw)  
Markus Zürcher (mz)  
Heiri Hafner (hh)

Auflage: 1200 Exemplare  
Erscheint 2 x jährlich

Druck: Franz Kälin AG, Einsiedeln