# Anwendungen von Faserverbundwerkstoffen

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **82 (1990)**

Heft 10

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939847

**Nutzungsbedingungen**

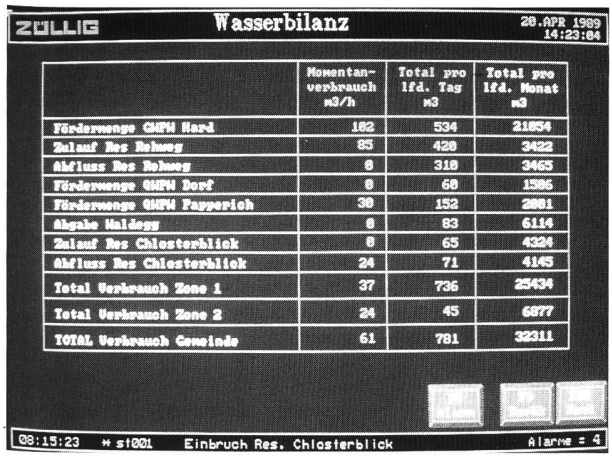
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**




| | Momentan-verbrauch m3/h | Total pro lfd. Tag m3 | Total pro lfd. Monat m3 |
|---|---|---|---|
| Fördermenge GMPW Hard | 182 | 534 | 21854 |
| Zulauf Res Rehweg | 85 | 420 | 3422 |
| Abfluss Res Rehweg | 0 | 310 | 3465 |
| Fördermenge GMPW Dorf | 0 | 60 | 1586 |
| Fördermenge GMPW Fapperich | 30 | 152 | 2081 |
| Abgabe Haldegg | 0 | 83 | 6114 |
| Zulauf Res Chlosterblick | 0 | 65 | 4324 |
| Abfluss Res Chlosterblick | 24 | 71 | 4145 |
| Total Verbrauch Zone 1 | 37 | 736 | 25434 |
| Total Verbrauch Zone 2 | 24 | 45 | 6877 |
| TOTAL Verbrauch Gemeinde | 61 | 781 | 32311 |

Bild 6. Wasserbilanz.

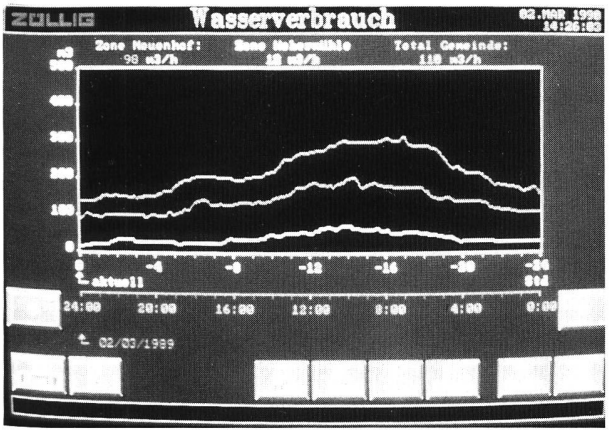



Bild 7. 24-Stunden-Programmsteuerung. Der Füllstand des Reservoirs «Rehweg» kann mit einer Sollwertkurve über den Tag (24 Stunden) vorprogrammiert werden. Dies kann zur Einsparung von Energiekosten (Pumpen) und zur optimalen Anpassung an den Bedarf interessant sein.

koll ergibt jede Stunde einen Zeileneintrag. Am Tagesende wird das Tagestotal gebildet sowie die Extremwerte (Minimum und Maximum) mit den entsprechenden Zeiten festgehalten. Das Tagestotal ergibt dann einen Zeileneintrag in das Monatsprotokoll. Am Ende desselben erscheint das Monatstotal, ebenfalls mit den Extremwerten und dem dazugehörenden Datum.

Weitere Möglichkeiten der Protokollierung wären Messwertprotokolle analoger Grössen mit dem entsprechenden Tagesdurchschnitt, Wartungsprotokolle oder andere frei wählbare Ausdrucke. Eine gute Dokumentationsmöglichkeit besteht auch darin, dass jede Bildgrafik auf den Drucker ausgegeben werden kann.

### *Ausbaumöglichkeiten*

Die Prozessleitstation muss sich keinesfalls auf nur einen Farbmonitor beschränken. Am gleichen PC können bis zu vier Grafikmonitore (auch Grossbildschirme) angeschlossen werden. Falls in anderen Räumen oder anderen Gebäuden ebenfalls Datensichtgeräte gewünscht werden, so lassen sich weitere PCs über ein Netzwerk miteinander verbinden, alle mit Zugriff auf dieselbe Datenbank. Die Bedienung kann als Option auch mit einer «Maus» oder mittels berührungssensitivem Bildschirm (Touch Screen) erfolgen. Neu kann auch das direkte «Mitlaufen» eines Tabellenkalkulationsprogrammes wie Lotus 123 angeboten werden. Dies erlaubt z.B. das Aufzeichnen und Vergleichen von Kennzahlen wie z.B. den Verbrauch über mehrere Jahre.

## *Zusammenfassung*

Dieser Bericht beruht auf den Erfahrungen in der Wasserversorgung Neuenhof bei Baden mit einem Prozessleitsystem, das seit 1988 in Betrieb ist.

Das Prozessleitsystem (PLS) von Züllig erlaubt einen eleganten Übergang von herkömmlichen Betriebswarten zu moderner Prozessleittechnik mit Computer. Auch die jahrzehntelange Erfahrung der Firma Züllig AG auf dem Gebiet der Mess- und Regeltechnik für die Wasserwirtschaft wurde miteinbezogen.

Für Wasserversorgungen steht die Betriebssicherheit eines PLS im Vordergrund. Dazu gehören Netzausfallsicherung und Gewährleistung des Betriebs bei PC-Ausfall ebenso wie der Passwortschutz zur Verhinderung von unerlaubtem Eingeben und Ändern von Steuerbefehlen oder -vorgaben.

Eine bedienerfreundliche Anlagenführung mit Ausschluss von Fehlmanipulationen kann dem Wasserwart von Anfang an eine Akzeptanz für das PLS abgewinnen. Grosser Schulungsaufwand fällt weg. Die Visualisierung auf Vollgrafikbildschirmen umfasst folgende Möglichkeiten: Prozessgrafik mit Einblendung von Zahlen und Texten, Balkendiagrammen, Farbänderungen, Ganglinien mit «Zoom» und «Panorama», Einblendung von Symbolen u.a.m. Sollwertvorgaben für die Steuerung wie auch ein 24-Stunden-Programm lassen sich direkt am Bildschirm eingeben. Auch eine manuelle Betriebsführung am PLS ist gewährleistet. Die Alarmbewirtschaftung umfasst das Auflisten auf dem Bildschirm, sortiert nach Zeit oder Priorität, sowie das sofortige Ausdrucken in ein Ereignisprotokoll. Um den Wasserverbrauch über Monate und Jahre zu dokumentieren, werden Tages- und Monatsprotokolle gedruckt. Ein weiteres nützliches Dokumentationsmittel ist der Grafikausdruck.

Ganglinien können wöchentlich ausgedruckt und abgelegt werden.

Das Züllig-Prozessleitsystem kann auch in Kläranlagen und Wasserversorgungen kombiniert mit Elektrizitäts- und Gasversorgung eingesetzt werden.

Adresse des Verfassers: *Martin Sonderegger,* Ing. HTL, Züllig AG, CH-9424 Rheineck.

# *Anwendungen von Faserverbundwerkstoffen*

Fester als Stahl und dennoch leichter als Aluminium: Was auf den ersten Blick widersprüchlich erscheinen mag, sind die Eigenschaften eines modernen Faserverbundwerkstoffes, die im Mittelpunkt der Fachmesse «Eurocomposites 90» und der «4. Europäischen Konferenz für Faserverbundwerkstoffe (ECCM-4)» vom September 1990 in Stuttgart standen.

Obwohl bereits Anfang der 60er Jahre entwickelt, finden Faserverbundwerkstoffe erst seit Ende der 70er Jahre in nennenswertem Masse Verwendung für industrielle Zwecke. Fortschritte in Forschung und Verarbeitungstechnik eröffnen ständig neue Einsatzfelder.

### *Eingebettete Fasern*

Die sogenannten Composites bestehen aus zwei Materialien, deren unterschiedliche Eigenschaften sich vorteilhaft ergänzen: einem Fasermaterial, das üblicherweise rund 70 bis 80% des Gewichtes ausmacht, und einer Bettungsmasse (Matrix), mit der die Fasern getränkt werden. Zur Herstellung eines Werkstückes kann man Fasermaterialien

schichtweise in eine Form legen, mit Bettungsmasse benetzen und dann in einem Ofen aushärten lassen. Eine deutliche Vereinfachung bei der Produktion bedeuten sogenannten Prepregs (vorimprägnierte Halbzeuge); das Fasermaterial liegt hier schon in benetztem, sozusagen «backfertigem» Zustand vor.
Darüber hinaus können Composites-Werkstücke auch durch Press-, Guss-, Spritz- oder Wickelverfahren hergestellt werden.
Die wichtigsten Fasermaterialien, die bei Verbundwerkstoffen zum Einsatz kommen, sind Glasfaser (GFK), die geringes Gewicht mit extremer Zugfestigkeit verbindet, Kohlenstoff- oder Carbonfaser (CFK), die zusätzlich noch in hohem Masse wärmebeständig ist, und Aramidfaser (SFK, S=Synthesefaser), die als weiteren Vorteil zähelastisches Verhalten in die Waagschale werfen kann.
Als Bettungsmasse werden am häufigsten Polymere (Kunststoffe) verwendet und hier vor allem Epoxidharz und Polyester. Darüber hinaus gibt es auch Metallmatrix- und Keramikmatrix-Verbundwerkstoffe. Bei Matrix-Polymeren unterscheidet man je nach den gewünschten Eigenschaften zwischen Duroplasten (endgültig ausgehärteter Kunststoff, in der Wärme nicht mehr umformbar), Thermoplasten (noch nicht endgültig ausgehärtet, in der Wärme umformbar) und Elastomeren (dauerelastisch).

### *Anisotropie*

Je nachdem aus welcher Richtung eine Kraft einwirkt, weist ein anisotropes Werkstück unterschiedliche Eigenschaften in bezug auf Steifigkeit oder Festigkeit auf. Bei der Herstellung von Faserverbundwerkstoffen lässt sich anisotropes Verhalten gezielt steuern, je nachdem wie die Faserschichten verlegt werden. Nützen lässt sich die Anisotropie in der Praxis beispielsweise bei Flügelprofilen für Flugzeuge, um Aerodynamik und Manövrierfähigkeit zu verbessern.

### *Materialeigenschaften*

Faserverbundwerkstoffe bieten gegenüber herkömmlichen Materialien eine Fülle von Vorteilen: hohe Steifigkeit und Festigkeit, geringes Gewicht, weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber Chemikalien und Umwelteinflüssen, Temperaturbeständigkeit, Abrieb- und Schlagfestigkeit, einfache Herstellung von geometrisch komplizierten Bauteilen.
Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollen im folgenden neun Beispiele aus der Praxis das breitgefächerte Einsatzspektrum von Faserverbundwerkstoffen verdeutlichen:

### *Flugzeugbau: Seitenleitwerk*

Der Airbus A310 verfügt über ein Seitenleitwerk aus dem Faserverbundwerkstoff CFK (carbonfaserverstärkter Kohlenstoff). Die Gewichtsersparnis gegenüber einem herkömmlichen Metallteil beträgt fast 250 kg, für den Flugzeugbetreiber ein erheblicher Gewinn an Nutzlast. Neben den bekannten Vorteilen in bezug auf Steifigkeit, Materialermüdung und Korrosion vereinfacht die Faserverbundtechnologie auch die Materialwirtschaft: Das CFK-Leitwerk des Airbus besteht aus 100 Bauteilen gegenüber 2000 bei einem vergleichbaren Metallteil. Nicht nur deshalb dürfte der Anteil von Faserverbundwerkstoffen am Strukturgewicht von Flugzeugen von derzeit 10% langfristig auf rund 65% steigen.

### *Maschinenbau: Robotergreifarm*

Für immer wiederkehrende Routinearbeiten werden in der industriellen Fertigung in wachsendem Masse Roboter eingesetzt, wobei sich die Leistungsfähigkeit dieser Handhabungsautomaten durch die Verwendung von Leichtbauteilen aus Faserverbundwerkstoffen erheblich steigern lässt. Aus glasfaserverstärktem Kunststoff wiegt der Hauptarm eines Manutec-r2-Roboters nur noch 4 kg gegenüber 12 kg für das gleiche Bauteil aus Aluminium. Der Greifarm wird dadurch schneller (13% mehr Beschleunigung) und kann 34% mehr Nutzlast tragen.
Die günstigen Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen, vor allem ihre Ermüdungsresistenz und Vibrationsdämpfung, werden im Maschinenbau bevorzugt dort eingesetzt, wo ein Bauteil schnelle Bewegungen mit hoher Frequenz ausführen muss (Greiferstangen oder Projektile bei Textilmaschinen).

### *Karosseriebau: Stossfänger*

Ein Stossfänger bei einem Personenwagen hat vielfältige Anforderungen zu erfüllen: Er soll pflegeleicht sein, nicht rostend, leicht demontierbar, unempfindlich gegenüber Kratzern, mit Rückstellvermögen bei sanften Berührungen, energieverzehrend bei stärkeren Stössen. All diese Forderungen lassen sich am besten mit glasfaserverstärktem Kunststoff verwirklichen, wobei ein Pilotprojekt von Mercedes-Benz erste Ansätze für das Recycling der wertvollen Glasfasern liefert.

### *Fahrwerkbau: Blattfeder*

Aus Glasfaser-Verbundwerkstoffen lassen sich aufgrund der Steifigkeit und der Dämpfungseigenschaften hervorragende Blattfedern herstellen. Neben einer 75prozentigen Gewichtsersparnis weisen diese Federn auch eine deutlich höhere Lebensdauer auf.
Bereits in der Serie verwirklicht sind darüber hinaus Kardanwellen aus Kohlenstoffaser-Composites. Die höheren Materialkosten im Vergleich zu Stahl werden teilweise durch konstruktive Gewinne kompensiert: Durch seine besseren statischen Eigenschaften erlaubt das CFK-Teil grössere Baulängen, wodurch Zwischenlager entfallen.

### *Motorenbau: Pleuelstange*

Eine Pleuelstange aus kohlenstoffaserverstärktem Kunststoff bringt rund 70% weniger Gewicht auf die Waage als ein Metallpleuel. Weil weniger Masse im Motor hin und her bewegt wird, resultiert auch eine erhebliche Geräuschminderung. Aufgrund ihrer Temperaturbeständigkeit haben High-Tech-Materialien im Motorenbau, wo die Werkstoffe Spitzenwerten von über 2000°C ausgesetzt sind, hervorragende Chancen. Saugrohre, Ventilfederteller, Dichtungen, Antriebsriemen, aber auch tragende Teile wie Kurbelgehäuse oder Motorblock sind nur einige Anwendungsbeispiele.

### *Bautechnik: Vorspannelement*

Ein neues bautechnisches Material aus Aramid (Arapree) entwickelte die Firma Akzo zusammen mit der Hollandschen Beton Groep (HBG). Das stabförmige Vorspannelement, das beispielsweise beim Bau von Lärmschutzwänden verwendet werden kann, vereint geringes Gewicht mit grösstmöglicher Unempfindlichkeit gegenüber Witterungseinflüssen. Ausserdem bleibt es bis zu einem gewissen Grad elastisch, das heisst nach Krafteinwirkungen, bei denen Stahl dauerhaft verformt bleibt, kehrt Arapree wieder in seine ursprüngliche Form zurück.

### *Bautechnik: Spannkabel*

Bereits ein fingerdickes Spannkabel aus harzimprägnierten Kohlenstoffasern vermag bis zu 100 t Gewicht zu tragen. Genau wie Spannstahl kann das Faserverbundmaterial bei Brückenbauwerken, Hochspannungsleitungen, Schiffs-

aufbauten oder Sendemasten eingesetzt werden und bietet dabei neben einer Gewichtseinsparung von fast 80% Vorteile in bezug auf Korrosions- und Witterungsbeständigkeit.

### *Medizintechnik: Hüftgelenkimplantat*

Ihre hervorragende Bioverträglichkeit prädestiniert die Kohlenstoffaser auch für Implantate in der Humanmedizin, beispielsweise können Composites-Geflechte Sehnen oder Bänder ersetzen. Bei Hüftgelenkknochen aus Faserverbundmaterial erweist es sich als grosser Vorteil, dass bei der Herstellung des Teils die Steifigkeit individuell eingestellt werden kann, wohingegen Metallimplantate den Nachteil haben, dass sie sich durch den grossen Steifigkeitsunterschied zum Knochen im Lauf der Zeit lockern.

### *Sportgeräte: Tennisschläger*

Faserverbundwerkstoffe sind auch «sportliche» Materialien. Für Ski, Skistöcke, Golf-, Tennis- oder Squashschläger, Angelruten, Sportbogen, Surfbretter oder Boote finden sie Verwendung. Neben Festigkeit, Vibrationsdämpfung und Ermüdungsbeständigkeit kommt vor allem im Bereich von Golf-, Tennis- oder Squashschlägern das hervorragende Rückstellvermögen der Materialien zum Tragen. Als Vergleichsgrösse der sogenannte Ballrückprallwert bei einem Holzschläger (Dunlop Maxplay Fort) und einem Schläger aus Kohlenstoff- und Aramidfaser (Dunlop Impact Plus): Der Prozentwert, der die Rückprallgeschwindigkeit eines Balles angibt, der mit definierter Geschwindigkeit auf den Schläger geschossen wird, beträgt beim Holzschläger 45%, beim Composites-Schläger 70%.

Eurocomposites 90, Am Kochenhof 16, Postfach 103252, D-7000 Stuttgart 10.

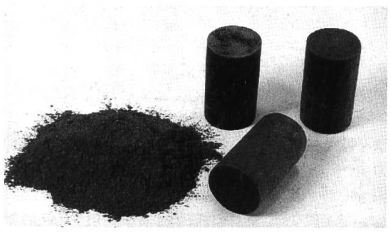
---

# *Behandlung von Rückständen der Kehrichtverbrennungsanlagen*

Die von Sulzer-Chemtech in den letzten drei Jahren entwikkelte Verfahrenstechnik zur Behandlung von Rückständen aus der Kehrichtverbrennung wird erstmals in den beiden Kehrichtverbrennungsanlagen Zürich-Hagenholz und Hinwil eingesetzt.

Die Firma erhielt entsprechende Aufträge vom Zürcher Stadtrat sowie vom Zweckverband Kehrichtverwertung Zürcher Oberland KEZO. Zusätzlich lassen der Kanton Zürich, das Buwal und mehrere KVA-Betreiber das Langzeitverhalten der Reststoffe in einer Deponie wissenschaftlich untersuchen.

Das Verfahren dient der Entsorgung der aus dem Rauchgas entfernten festen Schadstoffe gemäss den neuesten gesetzlichen Anforderungen. Von den Feststoffstäuben werden vor allem die löslichen Stoffe abgetrennt, die allenfalls anschliessend eingedampft und rezykliert werden können. Die Feststoffrückstände lassen sich mit Zement und besonderen Zuschlagstoffen derart stabilisieren und verfestigen, dass die Auslaugung von Schwermetallen den strengen Anforderungen des Bundesamtes für Umweltschutz Buwal zu genügen vermag.



Probekörper mit verfestigter Flugasche haben kleine Eluationsraten, wenig Zuschlagstoffe und eine hohe mechanische Festigkeit. (Sulzer Chemtech)

Der Kanton Zürich hat Sulzer-Chemtech ferner beauftragt, für ein Projekt zur Immobilisierung von Rauchgasreinigungsrückständen 100 m³ Rückstände zu behandeln und zu verfestigen, damit deren Langzeitverhalten in einer Deponie mit Versuchskompartimenten wissenschaftlich verfolgt werden kann. Dem Projekt, das von der Firma MBT Umwelttechnik koordiniert wird, gehören als weitere Mitglieder Buwal, EMPA, Eawag, ETH, das Amt für Gewässerschutz des Kantons Zürich, die Technische Stelle Holderbank AG sowie Sieber, Cassina + Partner an.

## Persönliches

**Professor Mosonyi 80 Jahre alt**

Am 10. November 1990 feierte Prof. Dr. Emil Mosonyi seinen 80. Geburtstag, und zwar anlässlich einer für ihn an der Technischen Hochschule in Budapest veranstalteten Jubiläumsfeier.

Die «wasser – energie – luft» widmete ihm schon zum 70. Geburtstag einige Zeilen und schloss dabei mit dem Wunsch: «Möge ihm noch eine lange Zeit des freien und fruchtbaren Schaffens vergönnt sein!» Dieser Wunsch ist in Erfüllung gegangen. Seit seiner Emeritierung als Professor für Wasserbau und Wasserwirtschaft sowie als Direktor des Theodor-Rehbock-Flussbaulaboratoriums der Universität Karlsruhe ist Professor Mosonyi weiterhin unablässig tätig gewesen: Er hielt Kurse und Vorträge in aller Welt, schrieb wegweisende Publikationen, arbeitete an der Neuauflage seiner bekannten Buchbände über Wasserkraftwerke usw. Obschon ihn ein Augenleiden oft stark behinderte, blieb er immer äusserst aktiv. Vielfältig begabt, gewandt in Wort und Schrift, gab und gibt er sein Wissen weiter. Kaum ein Gebiet der Wasserwirtschaft, in welchem er nicht Wesentliches leistet und weltweite Aufmerksamkeit findet! Sein Charisma hängt insbesondere auch mit der Gabe zusammen, komplizierte Zusammenhänge einfach darzustellen und aufgrund humorvoller Vergleiche einprägsam darzustellen.

Kein Wunder haben sich die ihm zuteil gewordenen Ehrungen seitens verschiedener Universitäten und Institutionen noch vermehrt. Nominell hat sich der Jubilar in der deutschen Enklave Büsingen bei Schaffhausen niedergelassen. Ob er sich aber auch tatsächlich oft dort aufhält, muss angesichts der zahlreichen Verpflichtungen, die er im In- und Ausland noch eingeht, fast bezweifelt werden. Eines aber ist sicher: Wo immer er sich aufhält, wird er von seiner überaus liebenswürdigen Frau begleitet und umsorgt!

Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband und alle Fachkollegen gratulieren Professor Mosonyi zu seinem 80. Geburtstag und wünschen ihm und seiner Frau Gemahlin für die kommenden Jahre alles Gute! D.V.

**Kraftwerk Laufenburg**

Am 30. September 1990 trat Dr. *Eduard Grob,* einer der beiden Direktoren des Kraftwerks Laufenburg (KWL), altersbedingt in den Ruhestand. Er wird noch für einige Zeit als Berater für das KWL zur Verfügung stehen.

Die Nachfolge von Dr. Grob übernimmt der 41jährige Fürsprecher *Urs Ursprung.* Die Direktion besteht ab 1. Oktober 1990 somit aus den Herren Professor Dr. *K. Theilsiefje* und *U. Ursprung.*

**EPFL: Professeur en science de l'environnement**

Le Conseil fédéral a nommé M. *Hubert van den Bergh,* né en 1943, de nationalité hollandaise, en qualité de professeur extraordinaire en sciences de l'environnement (pollution atmosphérique et sol) au Département de génie rural de l'Ecole polytechnique fédéral de Lausanne. Il entra en fonction le 1er octobre 1990.

M. van den Bergh a obtenu son diplôme en chimie au «Williams College» dans l'Etat de Massachusetts/USA, son MSc à l'Université de Californie et en 1971 son doctorat à l'Université de Cambridge en Angleterre. De 1971 à 1973, il a travaillé comme chercheur à l'Institut Max Planck à Göttingen en Allemagne. Dès 1973, il assume des tâches d'enseignement et de recherche au Département de chimie de l'EPFL. Les recherches de M. van den Bergh ont été orientées vers