

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 92 (2001)

**Heft:** 2

**Artikel:** Neue Technologien für Peltonturbinen

**Autor:** Keck, Helmut

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-855658>

### **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:** 15.04.2026

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

# Neue Technologien für Peltonturbinen

Die Vorgängerfirmen von VA Tech Hydro im mechanischen Bereich, Voest MCE/Hydro Vevey und Sulzer Hydro/Escher Wyss, waren beide Hauptakteure auf dem Peltonturbinen-Markt. Unter einem Dach vereint, sind sie nun als VA Tech Hydro zweifellos der Lieferant mit dem grössten Marktanteil für Peltonanlagen. Was trägt eigentlich der Marktführer zur technologischen Entwicklung der Peltonanlagen bei?

## Feedback von Inbetriebsetzungen zahlreicher Neuanlagen und Modernisierungen

Von all den neu errichteten Pelton-Grossanlagen ist das Kraftwerk Bieudron in der Schweiz (3 Maschinen mit jeweils 423 MW Leistung und 1869 m Fallhöhe) die eindrucksvollste. Heute, zwei Jahre nach Inbetriebnahme dieser Weltrekordanlagen, funktionieren die Turbinen zur vollen Zufriedenheit des Kunden (Bild 1 [1]).

Aber auch auf dem Gebiet der Pelton-Modernisierung und -Erneuerung haben im Jahr 2000 bereits eine grosse Anzahl erfolgreicher Inbetriebnahmen stattgefunden [2]. Von besonderem Interesse sind dabei die beiden Anlagenmessungen, die von unabhängigen Experten in Norwegen durchgeführt wurden:

Im Kraftwerk Skjomen (vertikale, sechsdüsige Maschinen) wurden zwei neue Peltonlaufräder mit je 105 MW Leistung eingebaut. Die Leistungsgarantie basierte auf einer detaillierten Verlustanalyse der vorhandenen Komponenten und einem kürzlich entwickelten neuen Becher.

Auf Grund der kurzen Lieferzeit wurden für Skjomen keine spezifischen Modellversuche durchgeführt: die neuen Laufräder mussten so rasch als möglich

geliefert werden, da die Originallaufäder Risse aufwiesen, die sogar zum Abbrechen von Teilen der Becher führten. Unter diesen Umständen erwies sich die MicroGuss™-Technologie (Bild 2, siehe Kasten) mit ihrer überlegenen Materialqualität und der extrem kurzen Lieferzeit als besonders wertvoll für den Kunden. Die Anlagenmessungen haben bewiesen, dass das garantierte Leistungsvermögen erbracht wurde und dass diese erneuerten Anlagen ein Wirkungsgradniveau aufweisen, das über dem vieler neu errichteter Kraftwerke liegt.

Für Nore (horizontale, zweidüsige Maschinen), ein weiteres norwegisches Projekt, wurden Modellversuche zur Optimierung der Modifikationen des bestehenden Gehäuses in Verbindung mit ei-

nem neu entwickelten Becherprofil der Turbine durchgeführt. Dank dieser Modellentwicklung war es möglich, die garantierten Wirkungsgrade nicht nur zu erreichen, sondern sogar leicht zu übertreffen, was durch einen unabhängigen Experten in einer Anlagenmessung nochmals nachgewiesen wurde.

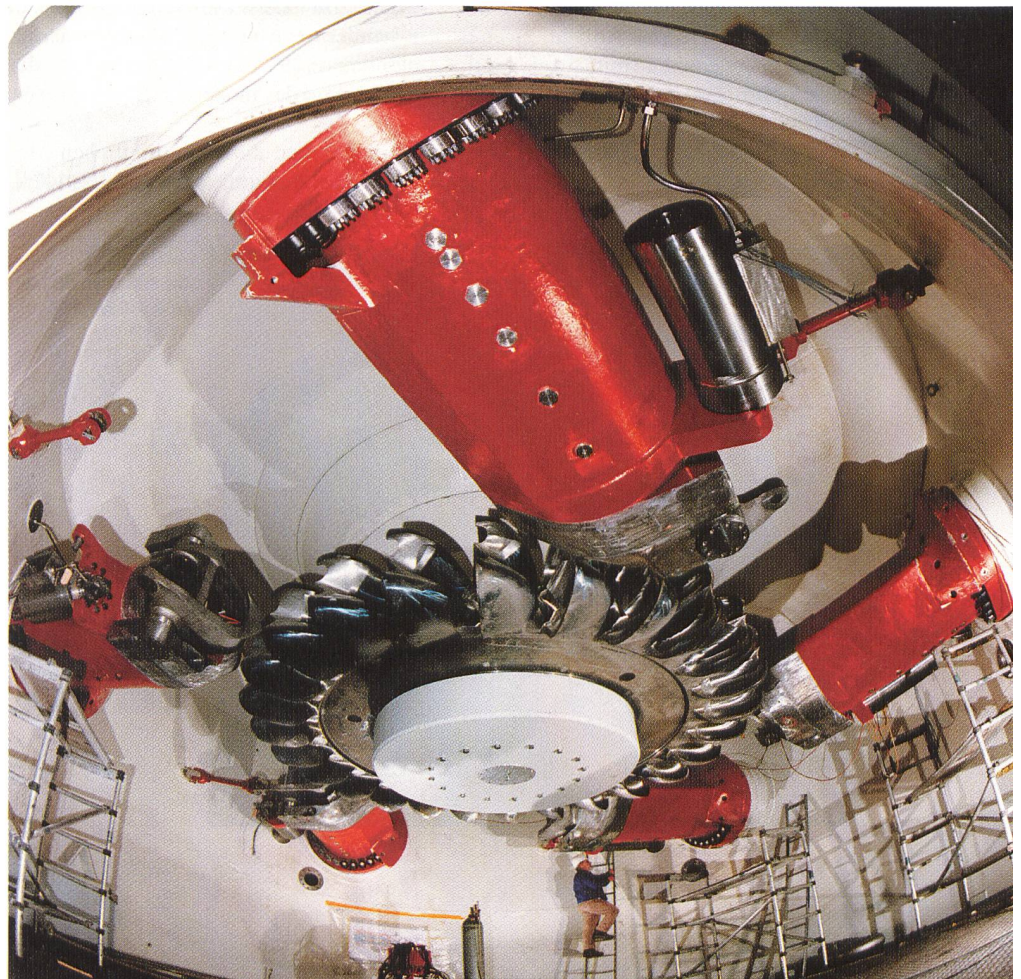
Diese Erfahrungen bestätigen die Umbau-Methodik und die Treffsicherheit dieser Auslegungen, inklusive der Aufwertung vom Modell zum Prototyp, sowohl für Neuanlagen als auch für Umbauten.

## Kontinuierliche Entwicklung im Labor

Im Jahr 2000 wurden in den Peltonversuchsanlagen in Vevey und Zürich folgende auftragsbezogene Modellversuche durchgeführt:

- Stalden/Schweiz: Entwicklung neuer Laufräder für die Modernisierung der eindüsigen Maschinen (mit 100 MW pro Strahl) einschliesslich Optimierung der Wechselwirkung zwischen Laufrad und Gehäuse.

Bild 1 423-MW-Pelton-Grossanlage im Kraftwerk Bieudron (VS).



**Kontaktadresse**  
VA Tech Escher Wyss AG  
Dr. Helmut Keck  
Hardstrasse 319  
8023 Zürich

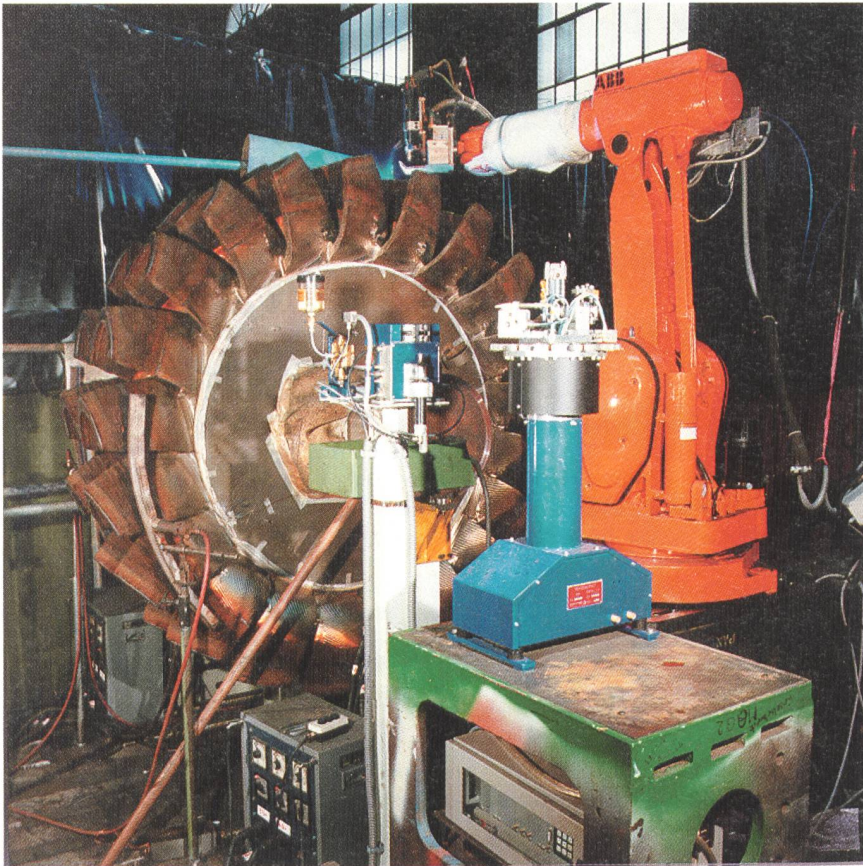


Bild 2 MicroGuss™-Peltonrad aus geschmiedeter Scheibe mit robotergesteuertem Auftragsschweissen der äusseren Becherpartie.

- Fionnay und Mottec/Schweiz: Zwei weitere Pelton-Modernisierungsprojekte für horizontale Anlagen in der Schweiz; erstes Projekt: eindüsig mit zwei Laufrädern pro Anlage, zweites Projekt: zweidüsig mit zwei Laufrädern pro Anlage (beide Laufräder auf der gleichen Seite des Generators).
- Baspa/Indien: Entwicklung eines komplett neuen Modells für die drei neuen

- vertikalen vierdüsigten Maschinen mit je 113 MW.
- Bridge River/Kanada: Modellversuche zur Leistungssteigerung bestehender sechsdüsigter Maschinen einschliesslich eines Vergleiches des alten und des modernen Becherprofils.

Im Rahmen dieser vertraglichen Modellversuche wurden weitere Entwick-

### Der MicroGuss™-Prozess (Bild 2)

Die Laufradscheibe einschliesslich des Wurzelbereiches der Becher wird aus einem ganzen geschmiedeten Rohling aus rostfreiem Stahl (X5 CrNi 13 4/F 6NM) durch NC-Fräsen hergestellt. Die äusseren Teile der Becher werden durch robotergesteuertes Auftragsschweissen Schicht für Schicht aufgetragen. Die endgültige Schaufelform wird durch NC-Bearbeitung und Schleifen erstellt.

lungen im Bereich Feinabstimmung der Laufradprofile und Wechselwirkung zwischen den Komponenten durchgeführt. Diese experimentellen Entwicklungen werden in naher Zukunft immer mehr durch numerische Untersuchungen unterstützt werden können.

### Durchbruch in der Strömungsnumerik für Peltonturbinen

Der Anwendungsbereich der komplexen numerischen Methoden der Strömungsdynamik (CFD) konnte von axialen und radialen Maschinen nun auch auf Peltonturbinen ausgeweitet werden. Die Auswirkung von Sekundärströmungen in Verteilleitung und Düseneinlauf auf die Qualität des Wasserstrahls wurden numerisch analysiert und durch Experimente nachgewiesen. Die Berechnung der instationären Becherströmung mit freier, räumlich stark gekrümmter Oberfläche stellt eine besonders schwierige Aufgabe dar. Es wurden kürzlich erste vielversprechende Ergebnisse erzielt [3]. Dieser Durchbruch auf dem Gebiet der Pelton-Strömungsnumerik leitet ein neues Zeitalter in der Entwicklung von Peltonlaufrädern ein.



Bild 3 HIWELD™, die einzelnen Becher-teile, die auf eine geschmiedete Scheibe angeschweisst werden, sind in unterschiedlichen Farben gekennzeichnet.

### Der HIWELD™-Prozess (Bild 3)

Der innere Teil des Laufrades (Scheibe und innerer Anschlussbereich der Becher) wird aus einem ganzen, geschmiedeten, rostfreien Stahlstück (13/4) durch NC-Fräsen hergestellt. Die übrigen Teile der Becher, die aus einem Kernstück für die Becherspitze und zwei Seitenteilen für die Wände der Becher bestehen, werden entweder gegossen oder geschmiedet und in einem speziellen Verfahren an die Scheibe geschweisst, damit thermisch bedingte Deformationen minimiert werden können. Die endgültige Becherform wird durch NC-Bearbeitung und Schleifen erstellt.

## Optimierung der Lebensdauer auf Basis von Bruchmechanik-Know-how

Die Spezialisten auf dem Gebiet Safety Engineering wurden von Beginn an in die Entwicklung der neuesten Pelton-technologie mit einbezogen. Know-how im Bereich Materialermüdung, Bruchmechanik und Finite-Element-Analyse sind sowohl die Basis für hervorragende neue Laufraddesigns [4] als auch für eine Kalkulation der Restlebensdauer von Laufrädern und anderen Komponenten alter Kraftwerke, die zur Modernisierung anstehen.

## Neue Fertigungstechnologien

VA Tech Hydro hat den Trend weg von Integral-Guss-Laufrädern hin zu Laufrädern in Schmiede-/Schweisskonstruktion eingeleitet. Seit der Erstproduktion eines Peltonlaufrades durch roboter-gesteuertes Auftragschweißen auf einer geschmiedeten Scheibe (MicroGuss™-Technologie [5]) im Jahr 1992, wurden bereits 107 Laufräder in dieser völlig neuartigen Technologie gefertigt, und die Gesamtanzahl der Aufträge für Micro Guss™-Laufräder hat bereits 140 erreicht. Gemeinsam mit der jüngst entwickelten HIWELD™-Technologie (Bild 3 [6]) stehen nun zwei Spitzentechnologien zur Verfügung, die einen überlegenen Vorteil gegenüber gegossenen Laufrädern bieten: der empfindlichste Teil des Laufrades unter dem Gesichtspunkt Sicherheit und Lebensdauer, das heisst der Wurzelbereich der Becher, wird aus geschmiedetem Material hergestellt, das hinsichtlich Materialermüdung (life cycle fatigue) jedem Gussteil überlegen ist. Zurzeit werden beide Technologien genau überprüft, um deren Potenzial auch im Hinblick auf Kostensenkung und Verkürzung der Lieferzeiten voll auszuschöpfen.

Für kleine Anlagen wurde eine besonders innovative Alternative entwickelt: Die FiberGuss™-Technologie (Bild 4 [7]). Dabei werden die Laufradbecher aus faserverstärktem Kunststoff hergestellt und mit Hilfe einer speziellen Kupplungsvorrichtung auf eine Stahlscheibe montiert. Der Austausch der Becher geht einfach und schnell vor sich. Der Anwendungsbereich von Fiber Guss™ ist vorläufig auf Fallhöhen unter 400 m und eine Schaufelbreite von unter

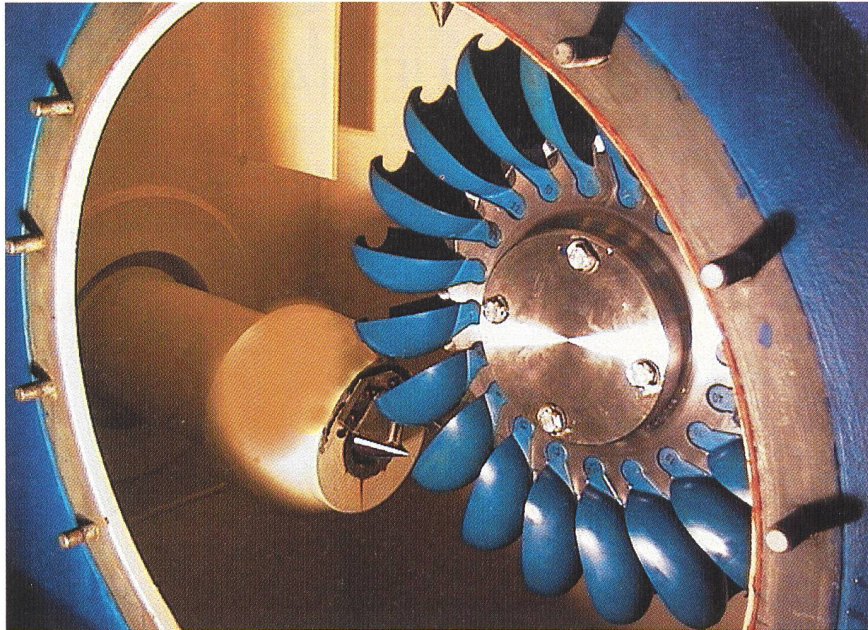


Bild 4 FiberGuss™-Becher aus kohlefaserverstärktem Kunststoff, verankert in einer Stahlscheibe (Foto von einer Inspektion nach 15 000 Betriebsstunden).

300 mm beschränkt. Das FiberGuss™-Konzept eröffnet neben der technologischen Innovation auch interessante, neue Vertriebsmöglichkeiten, wie den alleinigen Verkauf der Stahlscheibe und das Leasing der Kunststoffbecher.

## Schlussbemerkung

Ob bei Grossanlagen oder Kleinturbinen, ob für neue Kraftwerke oder Modernisierungsprojekte, die Pelton-technologie erfährt gegenwärtig einen rasanten Wandel.

## Literaturverzeichnis

[1] H. Keck, G. Vullioud, P. Joye: Commissioning and Operation Experience with the world's largest

Pelton turbines Bieudron, HydroVision 2000, Charlotte/USA.

[2] H. Keck, Ch. Schärer, L. Geppert, G. Vullioud, L. Chapuis: Upgrading of Pelton turbines – additional benefits compared to conventional runner replacement, Hydropower & Dams, Issue 5, 2000.

[3] M. Sick, H. Keck, G. Vullioud, E. Parkinson: New Challenges in Pelton Research, Hydro 2000 Conference, Bern, 2000.

[4] R. Angehrn: Safety Engineering for the 423 MW Pelton Runner of Bieudron, 20th IAHR Symposium, Charlotte/USA, 2000.

[5] A. Kalberer, M. Krause: A review of experience with MicroCast Pelton wheels, Hydropower & Dams, Issue 1, 1996.

[6] L. Chapuis, K. Fröschel: Optimized fabrication of Pelton turbine runners, MTM Conf. Aix-en-Provence, 1998 and HydroVision 1998, Reno/USA.

[7] Th. Weiss, W. Keiser, R. Dekumbis: Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs von Peltonanlagen durch den Einsatz auswechselbarer Peltonbecher aus kohlefaserverstärktem Kunststoff, 11. Int. Seminar Wasserkraftanlagen, Wien, 2000.

## Nouvelles technologies pour turbines Pelton

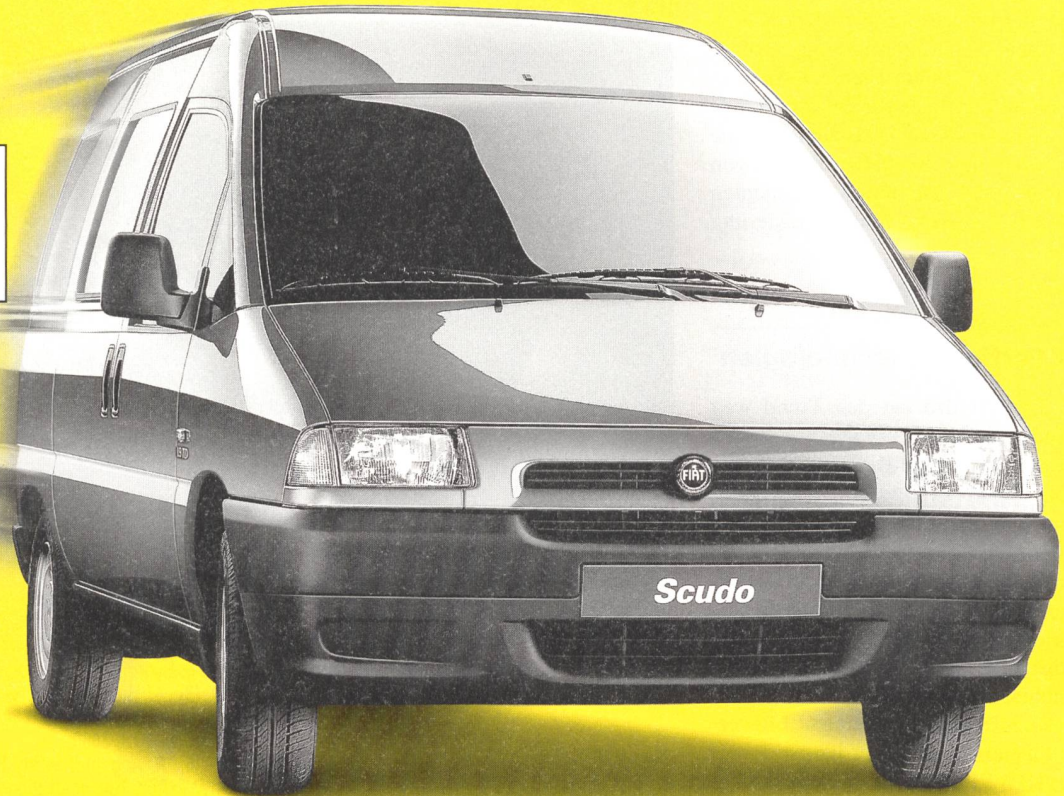
Les firmes devancières de VA Tech Hydro dans le secteur mécanique, Voest MCE/Hydro Vevey et Sulzer Hydro/Escher Wyss ont été les deux principaux acteurs sur le marché des turbines Pelton. Réunies sous un même toit, elles sont maintenant en tant que VA Tech Hydro indubitablement le fournisseur bénéficiant de la plus grande part de marché pour installations Pelton. Quelle est au fond la contribution du leader du marché au développement technologique des installations Pelton?

# FLOTTE GESCHÄFTE.

## DER NEUE FIAT SCUDO 2.0 JTD.

### MIT GRATIS-PACK.

Elektrische Fensterheber,  
elektrisch verstell- und beheizbare  
Rückspiegel und Radio/CD im  
Gesamtwert von Fr. 1101.- gratis  
(solange Vorrat).



Kurz- oder Langversion



Kurz- oder Langversion

Preise/Versionen	Ø Nutzlast	Radstand	Ladevolumen	Motor
ab Fr. 19 990.- netto 15 Versionen verfügbar	810 kg	2824 mm	4 m <sup>3</sup> /5-9 Sitze	2.0 16V BZ (135 PS) 2.0 JTD (95 PS)
	900 kg	3224 mm	5 m <sup>3</sup>	2.0 JTD (110 PS)

Der Nettopreis ist ein Spezialangebot des Fiat-Vertreternetzes für den Scudo Kastenwagen 2.0 BZ, exkl. MwSt., solange Vorrat.

\* 48 Monate Laufzeit, unbegrenzte Kilometer pro Jahr, Bearbeitungsgebühr 1% des Nettopreises, Vollkasko-Vers. nicht inbegriffen, z. B. Scudo Kastenwagen 2.0 BZ ab Fr. 459.- pro Monat, exkl. MwSt.

\*\* 48 Monate Laufzeit, 80 000 km pro Jahr, Bearbeitungsgebühr 1% des Nettopreises, Vollkasko-Vers. nicht inbegriffen, Service und Wartung inklusive, z. B. Scudo Kastenwagen kurz 2.0 ab Fr. 527.- pro Monat, exkl. MwSt.

**Viele Schweizer Grossunternehmen machen es mit ihren Fahrzeugflotten täglich vor: Sie bedienen Kunden erfolgreich mit dem Fiat Scudo ab Fr. 19 990.- netto (ohne MwSt.) oder zum 5,5% Superleasing\* oder 5,5% Genius Superleasing mit Unterhaltsservice\*\*. Lassen auch Sie sich bei Ihrem Fiat-Nutzfahrzeugvertreter für Ihren Betrieb beraten. Infoline 0800 810 855 oder [www.fiat.ch](http://www.fiat.ch)**

FIAT-NUTZFAHRZEUGE. IHRE PARTNER. **FIAT**