

# DER GRÜNE ANSATZ ZUR STROMVERFÜGBARKEIT

Von: *Matteo Granziero*

## INTRODUZIONE

"Grüner Strom ist ein Marketing-Humbug". Dieser Satz ist Ausdruck der mehr oder weniger verbreiteten Auffassung, Marketing-Techniken seien in der Lage, Scheinbedürfnisse aus dem Nichts zu kreieren. Doch ist es wirklich denkbar, dass die langfristige Mobilisierung von Regierungen, Herstellern und Endverbrauchern einem leeren Begriff zu verdanken ist?

Nachfolgende Ausführungen sollen dem Leser konkret vor Augen führen, welche Umweltauswirkungen hochverfügbare Architekturen haben, wobei die Grundbegriffe als bekannt vorausgesetzt werden.

## ALLES NUR WEGEN DEM KYOTO-PROTOKOLL?

Das Kyoto-Protokoll ist ein internationales Abkommen, das sich mit der globalen Erwärmung befasst. Es wurde am 11.12.1997 von über 160 Staaten unterzeichnet. In dieser Konvention verpflichten sich die unterzeichneten Nationen, die Emissionen bestimmter Treibhausgase - Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid - im Zeitraum von 2008 bis 2012 zu reduzieren.

Im Vergleich zu 1990 sollten die Emissionen insgesamt um 5% reduziert werden. Da die Treibgas-Emissionen im Laufe der Jahre weiterhin erheblich gestiegen sind, beträgt die geplante Reduktion mittlerweile 10% der 2003 verzeichneten Emissionen.

Das Kyoto-Protokoll beschränkt sich allerdings auf die Aufgabe, die globale Erwärmung zu limitieren. Doch die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen erzeugt auch extrem schädliche Umweltgifte: Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Stickoxide und den berüchtigten Feinstaub (die so genannten PM10 mit einem Partikeldurchmesser < 10 µm). Treibhausgase gehen in der Atmosphäre eine Verbindung mit dem Wasserdampf der Wolken ein. Die dabei entstehenden Schwefel- und Salpetersäuren fallen in Form von saurem Regen auf die Erde zurück.

Saurer Regen verursacht irreparable Umweltschäden und bedroht unsere Kunstschatze. Ehemals fruchtbares Land verödet. In Flüssen und Seen laufen gravierende biochemische Veränderungen ab, die den Tod von Algen und Fischen herbeiführen. Sogar Marmor und Zement werden angegriffen, Metalle korrodieren.

Wenn man bedenkt, dass die Elektrizität in Europa zu annähernd 42% aus fossilen Energieträgern gewonnen wird, erhält man einen Eindruck vom Ausmaß dieser Bedrohung.

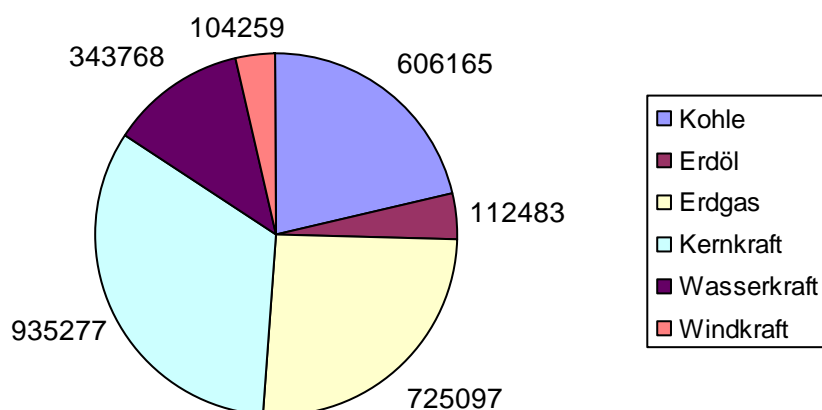


Abb. 1 - Energiequellen in der EU 27 - 2007 [GWh]

## DER EINFLUSS DER STROMQUALITÄT AUF DEN WIRKUNGSGRAD EINER ANLAGE

Ein hochwertiger Strom muss an erster Stelle verfügbar sein und in einer Form vorliegen, die eine Nutzung durch die Verbraucher gestattet. Doch auch physikalische Eigenschaften wie Leistungsfaktor und Oberwellengehalt können den Unterschied zwischen einem gut durchdachten, voll nutzbaren Anlagendesign und schlechten Konzepten mit magerem Wirkungsgrad ausmachen.

Der umweltfreundliche Charakter einer Elektroanlage beschränkt sich allerdings nicht auf operative Effizienz. Er beginnt bei der angemessenen Dimensionierung und erfordert eine kontinuierliche präventive Wartung in regelmäßigen Zeitabständen.

Beispielsweise zwingen Anlagen, die einen zu niedrigen Leistungsfaktor - aufweisen - selbst wenn dieser vor dem Erstanschluss an das Verteilernetz korrigiert wird - zum Einsatz von unnötig dicken Kabeln. Dies wiederum bedeutet Verschwendung von Rohstoffen wie Kupfer und PVC, sowie Treibstoffverbrauch zum Transport dieser Stoffe.

Folgendes Beispiel soll dies veranschaulichen. Bei einem herkömmlichen Gleichrichter mit 6-Puls-Thyristor liegt der Oberwellenanteil der Stromaufnahme bei 32%, während der Leistungsfaktor auch im Bestfall höchstens 0,9 beträgt. Gleichrichter der letzten Generation, die auf IGBT-Technologie und Wechselrichter-Topologie beruhen, zeichnen sich hingegen durch einen Oberwellenanteil von weniger als 3% und einen Leistungsfaktor von 0,99 aus.

Unter der Annahme, dass ein solcher Gleichrichter eine Last mit 30 kW Drehstrom versorgt und seine eigene Energie über vieradrige, an der Wand befestigte PVC-Kabel empfängt, müssen diese Kabel bei SCR-Technologie einen Durchmesser von 16 mm<sup>2</sup> besitzen, während beim Einsatz von IGBT-Technologie eine Kabeldicke von 10 mm<sup>2</sup> ausreichend ist.

Bei einer Leitung von 20 m Länge ergibt sich daraus ein Mehrverbrauch von etwa 4,3 kg Kupfer. Beim LKW-Transport dieser Menge über 100 km entstehen dabei weitere unnötige Emissionen, und zwar 1 kg CO<sub>2</sub>. Die Konsequenzen liegen klar vor Augen, wenn man bedenkt, dass ein einjähriger Baum etwa 2 kg<sub>CO2/Jahr</sub> absorbiert.

Und dabei wurden die Kosten für die Kupferförderung, -verarbeitung und -wiederaufbereitung noch nicht berücksichtigt.

## DIE VORTEILE DER UNTERBRECHUNGSFREIEN STROMVERSORGUNG

Der Zweck einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) besteht in der Gewährleistung der Stromqualität. Wer diese Grundentscheidung getroffen hat, sucht zu Recht nach einer USV, die ihre Aufgabe effizient erfüllt, ohne direkt oder indirekt Verschwendung zu verursachen.

Eine Spitzenlösung zur Aufrechterhaltung der Stromverfügbarkeit stellen moderne USV-Anlagen mit IGBT-Gleichrichter dar. Denn sie verhalten sich nicht nur wie eine lineare Last mit Einheitsleistungsfaktor (=1), welche die Lasten und deren elektrische Merkmale vom Versorgungsnetz entkoppelt, sondern tragen auch dazu bei, dass der Gesamtleistungsfaktor der Anlage näher zu 1 tendiert (Abb. 2).

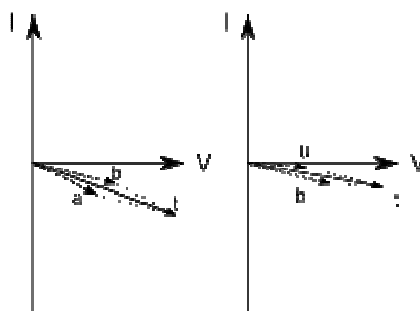


Abb. 2 - Vergleich zwischen den Gesamtströmen der Anlage ( $I$ ) im Fall (A), wo beide Lasten direkt an die Stromversorgung angeschlossen sind (links) und Fall (B), wo die Last b von einer USV mit dem Eingangsfaktor 0,99 versorgt wird (rechts)

Eine weitere Überlegung betrifft die Tatsache, dass USV - wie alle Maschinen - einen eigenen Wirkungsgrad besitzen, der allerdings je nach Auslastungsgrad schwankt. Das Beispiel in Abb. 3 zeigt die Effizienzkurven von zwei verschiedenen USV. Während der Wirkungsgrad bei beiden Geräten unter Vollaustattung 96% beträgt, sind bei 50%  $S_n$  Unterschiede bis zu zwei Prozentpunkten zu beobachten. In dem vorgestellten Fall entspricht dies einer 37%-igen Steigerung der Verluste.

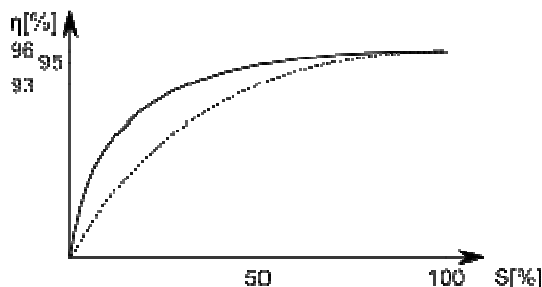


Abb. 3 - Beispiele für die Effizienzkurven von USV

Wirkungsgrad [%]	95		93	
	Elektrische Verluste	Luftkühlung	Elektrische Verluste	Luftkühlung
Jährliche Verluste [kWh]	13800	4600	19800	6600
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg]	8400	2800	12000	4000
Bedarf an Bäumen [-]	1400	470	2000	670
Bäume insgesamt <sup>1</sup> [-]	1870		2670	

Tabelle 1 zeigt das Ausmaß der Umweltbelastung, die von den beiden in Abb. 3 gezeigten USV bei der Versorgung einer 30 kW-Last entsteht.

Wirkungsgrad [%]	95		93	
	Elektrische Verluste	Luftkühlung	Elektrische Verluste	Luftkühlung
Jährliche Verluste [kWh]	13800	4600	19800	6600
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg]	8400	2800	12000	4000

Bedarf an Bäumen <sup>1</sup> [-]	1400	470	2000	670
Bäume insgesamt <sup>1</sup> [-]	1870		2670	

Tabelle 1 - Auswirkungen des USV-Wirkungsgrades auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen (bei Rund-um-die-Uhr-Betrieb der USV 24/7/365)

Darüber hinaus ist eine kompakte und leichte USV auch im Hinblick auf die oben erläuterten transportbedingten Belastungen umweltfreundlicher als eine schwere USV mit höherem Raumbedarf.

## DIE AUSWIRKUNG HOCHVERFÜGBARER ARCHITEKTUREN

Für Anwendungszwecke, die eine Gefährdung von Personen oder ein Kostenrisiko beinhalten, ist der Rückgriff auf redundante Architekturen notwendig. Für eine 2N Architektur, vgl. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, kann angenommen werden, dass die Auslastung der einzelnen USV unter Berücksichtigung der Reserveladungen und Lastverteilungen nicht mehr als 30% beträgt.

Abb. 3 veranschaulicht, dass der Wirkungsgrad bei Teilauslastung mindestens genauso wichtig ist wie bei Vollauslastung.

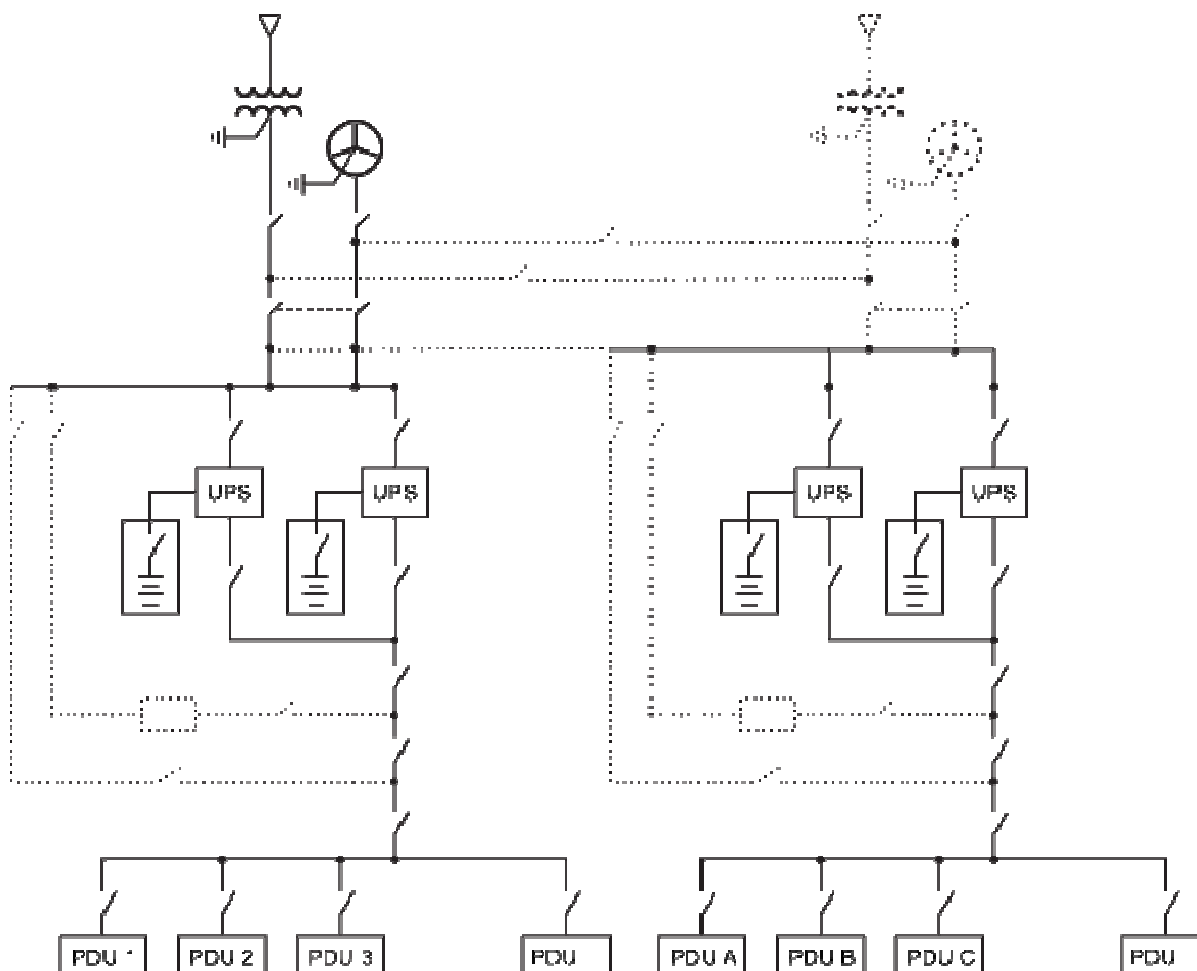


Abb. 4 - 2N Architektur

<sup>1</sup> Bezogen auf einen fünfjährigen Laubbaum.

## AUCH DIE ENERGIESPEICHERUNG SPIELT EINE WICHTIGE ROLLE

Das häufigste in USV eingesetzte Mittel zur Energiespeicherung sind Bleisäurebatterien. Doch schon minimale Mengen Blei können Gehirn- und Nierenerkrankungen sowie Lernstörungen bei Kindern verursachen, wenn sie lange Zeit auf den Organismus einwirken. In Bleisäurebatterien ist aber auch Schwefelsäure enthalten, die in Form von saurem Regen für die eingangs erwähnten Umweltschäden verantwortlich ist.

Daher ist es wichtig, Batterien und USV nach Ablauf der Lebensdauer an den USV-Fabrikanten zurückzusenden oder direkt spezialisierte Entsorgungsunternehmen zu beauftragen. Vorteilhaft ist auch die Option, Lösungen zur Verlängerung der Lebensdauer zu installieren. Dazu ist zu beachten, dass die Lebensdauer der Batterien von der Temperatur am Installationsort abhängt, vgl. Abb. 4.

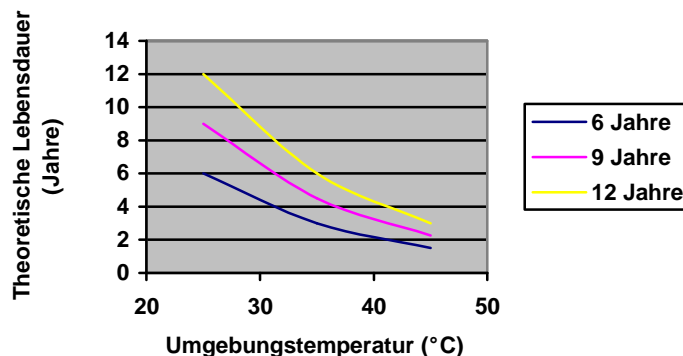


Abb. 4 - Zusammenhang zwischen der theoretischen Lebensdauer von Batterien und der Umgebungstemperatur

Darüber hinaus reagieren Batterien ausgesprochen empfindlich auf die jeweilige Einsatzart und -häufigkeit, d.h. auf die Anzahl der Entlade- und Aufladezyklen, auf Entladetiefe und -strom, auf die Auflademethode, usw. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, eine USV zu wählen, die u.a. folgende Merkmale aufweist: sehr stabile und temperaturabhängige Ladespannung; Überwachungssysteme, die defekte Elemente rechtzeitig erfassen, bevor störungsfreie Elemente überlastet werden; Gleichrichter mit einer breiten Eingangstoleranz, um den Batteriebetrieb auf ein Minimum zu beschränken.

Aktuell besteht die umweltfreundlichste, industriell verfügbare Alternative zu Batterien in Schwundrädern.

Ein Flywheel - zu deutsch Schwungrad - das ohne Translation um die eigene Achse dreht, erzeugt Energie. Hierbei gilt folgende Formel:

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Gegeben sind:

- E - die vom rotierenden Körper gespeicherte Energie
- I ist die Trägheit, die von der Form und linear von der Masse des Körpers abhängt;
- $\omega$  ist die Winkelgeschwindigkeit.

Aus dieser Formel ergibt sich für die Energie eine lineare Proportionalität zur Masse und eine exponentielle Proportionalität zur Drehgeschwindigkeit.

Durch eine Verdopplung der Masse wird die Energie demnach verdoppelt, durch Verdopplung der Drehgeschwindigkeit wird die Energie hingegen vervierfacht.

Auf dem Markt sind heute im Wesentlichen zwei verschiedene Varianten des Schwungrads erhältlich: Bei einem Typ beruht die Energiespeicherung

auf der Masse, bei dem anderen auf der Geschwindigkeit.

Dabei wird jeweils 1-2 MW bzw. 1 MW Notstrom für eine Autonomiezeit von Dutzenden von Sekunden erzeugt.

In der Regel ist die Ausbeute bei Hochgeschwindigkeitsschwungrädern höher. Denn aufgrund des geringeren Gewichts benötigen sie keine mechanischen Lager, sondern werden durch Magnetlager in der Schwebe gehalten. Da sich das Schwungrad in einem Vakuumzylinder dreht, können Reibung und visköse Kühlflüssigkeit reduziert werden. Der Verzicht auf mechanische Lager trägt außerdem erheblich zur Verringerung des Wartungsbedarfs bei.

Flywheels sind nützlich, wenn die USV dazu eingesetzt werden soll, die Energieversorgung während der Überbrückungszeit bis zum Einspringen der Notstromaggregate zu sichern oder wenn eine starke Oberwellenverzerrung aus dem Netzstrom herausgefiltert werden soll.

Zu den Vorteilen gegenüber Batterien gehört die Umweltverträglichkeit.

Durch Faktoren wie Memory-Effekt und durch häufige Entladung verursachter Kapazitätsverlust sowie Temperaturempfindlichkeit wird die Lebensdauer der Batterie erheblich reduziert. Schwungräder sind nicht von diesen Problemen betroffen und erweisen sich daher als besonders interessant für "grüne" Anlagenkonzepte. Neben Umweltvorteilen bieten Schwungräder auch eine höhere Stromverfügbarkeit, da sie sich in Minutenschnelle wieder aufladen, während Batterien Stunden benötigen.

Ein weiterer Pluspunkt von Schwungrädern ist ihre hohe Leistungsdichte, vgl. Abb. 5.

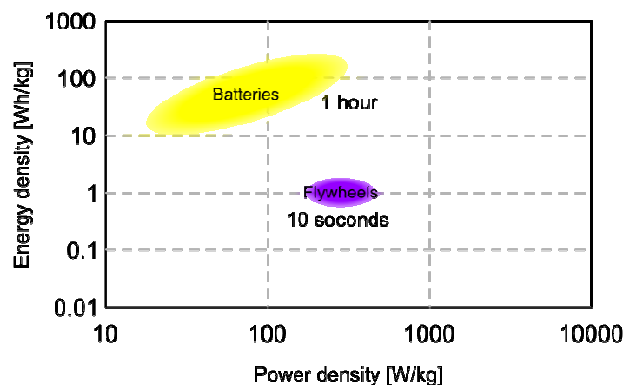


Abb. 5 - Energievergleich zwischen Batterien und Schwungrädern

Und schließlich können Schwungräder auch anstelle von Batterien oder parallel zu diesen am DC-BUS installiert werden.

Der Vorteil einer Hybridanlage, deren Energiespeicherung sowohl auf Batterien als auch auf Flywheel beruht, zeigt sich bei Mikrostromausfällen.

Erst bei Netzausfällen, die länger als 10 Sekunden dauern, müssen die Batterien eingreifen. Bei kurzen Störungen kann das Schwungrad die vom System benötigte Energie liefern und die Batterien werden geschont. Auf diese Weise verlängert sich die Lebensdauer der Akkumulatoren.

## DIE BEST WAHL

Ein gutes Anlagenkonzept zeichnet sich durch ein optimales Preis-Leistungs-Verhältnis aus und ist Ergebnis eines fruchtbaren Informationsaustauschs zwischen Auftraggeber und Hersteller.

Vor der Entscheidung für eine bestimmte USV und eine Anlagenarchitektur sollte geprüft werden, welche Unkosten durch Ausfälle entstehen und welcher Grad an Umweltbelastung als vertretbar betrachtet wird.

Praktisch gesehen, müssen die geschätzten Kosten für Ausfälle im Verhältnis zur Lebensdauer der Anlage höher sein, als die Mehrkosten durch die Anschaffung eines komplexen Systems. Auch der europäische Verhaltenskodex für Datenzentren beschränkt die Empfehlung von 2N Architekturen auf Fälle, in denen diese strikt notwendig sind.

Letztlich beruht die Entscheidung für einen grünen Ansatz jedoch auf der persönlichen Einstellung zur Umwelt und auf dem Sparpotenzial, was die Betriebskosten betrifft.

In beiden Fällen kann der USV-Hersteller sinnvoll zur Entscheidungsfindung beitragen, indem er für jede Anwendung die angemessenen Spezifikationen ermittelt.



## FACHLITERATUR

- Baggini, M. Granziero, "Sistemi Statici di Continuità - Guida pratica alla scelta, installazione e manutenzione", Ed. Delfino, 2009; pp. 86-88
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gases](http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gases)
  - [http://it.wikipedia.org/wiki/Piogge\\_acide](http://it.wikipedia.org/wiki/Piogge_acide)
  - <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>; "Energy Statistics - quantities"
  - <http://www.epa.gov>; "Emission Facts: Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel"
  - Energy Information Administration – Official Energy Statistics from the U.S. Government; "Method for Calculating Carbon Sequestration by Trees in Urban and Suburban Settings"
  - W. Pitt Turner IV, P.E., J. H. Seader, P.E., K. J. Brill, "Tier Classification Define Site Infrastructure Performance", Uptime Institute, 2006; p. 17
-

**White Paper – 11/2010**

**THE GREEN APPROACH TO ELECTRICAL POWER AVAILABILITY**

**Author:**

MATTEO GRANZIERO, Technical Communication Specialist, SOCOMEC UPS

Media & Marketing Department

**SOCOMECS UPS**

Via Sila, 1/3

36033 Isola Vicentina (VI) – Italy

**Media Marketing Coordinator:** juri.romito@socomec.com

Head Offices

**SOCOMECS UPS**

11, route de Strasbourg

B.P. 10050

F-67235 Huttenheim Cedex – France