

## Die Verfügbarkeit und Genauigkeit von EGNOS steigern

*Elmar Wasle, Albert Kemetinger, Graz*

### Kurzfassung

Der Österreichische EGNOS Datenserver (OEGNOS) bietet einen EGNOS Korrekturdatendienst, der speziell auf die Anforderungen in Österreich maßgeschneidert ist. Dazu werden verbesserte EGNOS Korrekturdaten über eine Kommunikationsverbindung den Nutzern bereitgestellt. Speziell in Österreich, wo sich durch die anspruchsvolle Topographie zahlreiche Abschattungen der EGNOS Signale ergeben, wird dieser Dienst einen Mehrwert darstellen. Durch die Integration lokaler meteorologischer Parameter (atmosphärische Korrekturen – Ionosphäre, Troposphäre), abgeleitet aus realen Messdaten, wird außerdem die Qualität der EGNOS Korrekturdaten gesteigert. Hierfür werden die EGNOS Korrekturdaten dekodiert, durch lokal berechnete Ionosphären- und Troposphärenkorrekturen ergänzt, in einem RTCM Format kodiert und in einem ersten Schritt via authentifizierter Datenverbindung (z.B.: GPRS) zur Verfügung gestellt. Erste Tests wurden im Bereich Rottenmann gemacht und zeigten das Potential des Konzepts.

**Schlüsselwörter:** EGNOS, EDAS, Verfügbarkeit, Genauigkeit, Korrekturdatendienst

### Abstract

The Austrian EGNOS data server (OEGNOS) provides an EGNOS correction data service especially tailored to the requirements of Austria. For that purpose, improved EGNOS correction data are provided to the users via a terrestrial communication connection. Especially in Austria, this service will induce an added value due to the challenging topography and thus the arising EGNOS satellite signal shading. By the integration of local meteorologic parameters (atmospheric corrections - ionosphere, troposphere), derived from real measurements, the quality of the EGNOS correction data is furthermore improved. Therefore, the EGNOS correction data are decoded, supplemented by the computed local ionospheric and tropospheric corrections, encoded into an RTCM format, and provided via an authenticated data connection (e.g. GPRS). First tests have been performed in the area of Rottenmann. The test results show the potential of the system concept.

**Keywords:** EGNOS, EDAS, Availability, Accuracy, Correction Data Service

### 1. Einleitung

Die aktuellen Zeitungsberichte über den Entwicklungsstatus des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo [1] werden getragen von den Meldungen über zunehmende Verzögerungen und inzwischen auch Finanzierungsprobleme. So ist es nicht verwunderlich, dass jene, die zwar diese Zeitungsberichte verfolgen, aber nicht direkt in die Entwicklungsarbeiten involviert sind, natürlich berechtigt die Frage stellen: „Kommt es überhaupt noch?“. Hätte man das europäische Pendant zu GPS nicht bereits vor Jahren zu einem Prestigeprojekt Europas gemacht, dann würden vermutlich auch die Stimmen in der Europäischen Kommission lauter werden, das ganze nochmals zu überdenken. Doch alleine um die Souveränität Europas zu sichern und für eine wichtige Infrastruktur nicht von den Vereinigten Staaten abhängig zu sein, hat Europa gar keine andere Wahl als Galileo zu einer „Success Story“ zu verhelfen.

Den ersten Schritt in diese Richtung hat die Europäische Kommission mittlerweile gesetzt. Das European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) ging in den operationellen Betrieb. Es ist fast überflüssig zu erwähnen, dass auch EGNOS dem ursprünglichen Zeitplan lange hinterherhinkte. Zur Jahrtausendwende war ein Betriebsdatum von 2003 kolportiert. Schlussendlich übernahm im Jahr 2009 die Europäische Gemeinschaft die Eigentumsrechte von der Europäischen Weltraumbehörde und beauftragte den European Satellite Services Provider (ESSP) mit dem operationellen Betrieb. Seit 1. Oktober 2009 bietet EGNOS einen frei zugänglichen Service an, der von jedem GPS Empfänger genutzt werden kann. Hinweise darauf findet man im technischen Datenblatt des Empfängers oder Navigationssystems. Dort ist in der Regel ein „SBAS enabled“, „WAAS enabled“, oder „EGNOS enabled“ vermerkt. Neben dem frei zugänglichen Service (Open Service) wird EGNOS auch einen Safety of Life Service anbieten. Dieser sollte ab Anfang 2011 zur Verfügung stehen.

## 2. EGNOS

Betrachtet man die Positionsgenauigkeit, die mittels GPS erreichbar ist, dann hängt diese von ein paar wesentlichen Einflüssen ab: Stabilität der Satellitenuhren, Genauigkeit der modellierten Satellitenbahnen, Aktivität der Ionosphäre und troposphärische Verhältnisse, und lokale Gegebenheiten in der unmittelbaren Umgebung des GPS Empfängers. Die Navigationssignale von GPS, wie auch die aller anderen Globalen Satellitennavigationssysteme (GNSS), versuchen diese Einflüsse weitgehend zu beschreiben. Die Parametrisierung der Broadcastinformation wurde allerdings nicht dafür konzipiert hochfrequente Einflüsse zu modellieren. Anders formuliert, regionale Fehlereinflüsse werden nicht berücksichtigt. Auch ist die Häufigkeit der Aktualisierung der Navigationsnachricht zu gering, um starke zeitliche Schwankungen zu modellieren.

Genau an diesem Punkt setzen die Ergänzungssysteme (engl.: Augmentation Systems) an. Im Falle von EGNOS [2] sind über ganz Europa Messstationen installiert, die die GPS Sig-

nale empfangen. Die Messungen werden über das EGNOS Wide Area Network an die Master Control Centres weitergeleitet. Aus Gründen der Ausfallsicherheit gibt es mehrere Kontrollzentren. Innerhalb der Kontrollzentren werden nun auf Basis der Echtzeitmessungen die Fehlereinflüsse berechnet und entsprechend modelliert. Das heißt, es werden Modellparameter für den verbleibenden Satellitenuhrfehler, den verbleibenden Satellitenbahnfehler, und den Ionosphäreinfluss berechnet. Diese Modellparameter werden von einer Bodenstation an einen geostationären Satelliten übertragen und von dort direkt an das Benutzersegment weitergegeben (Abb. 1). Jeder Empfänger, der sowohl das GPS Signal wie auch das EGNOS Signal empfängt, kann die Messungen zusätzlich korrigieren / ergänzen und damit eine höhere Genauigkeit erreichen. Anzumerken ist, dass die Korrekturen für die Ionosphäre natürlich nur bei Einfrequenzempfänger sinnvoll sind. Zweifrequenzempfänger eliminieren den Einfluss durch geeignete Kombination der Zweifrequenzmessungen. Un-

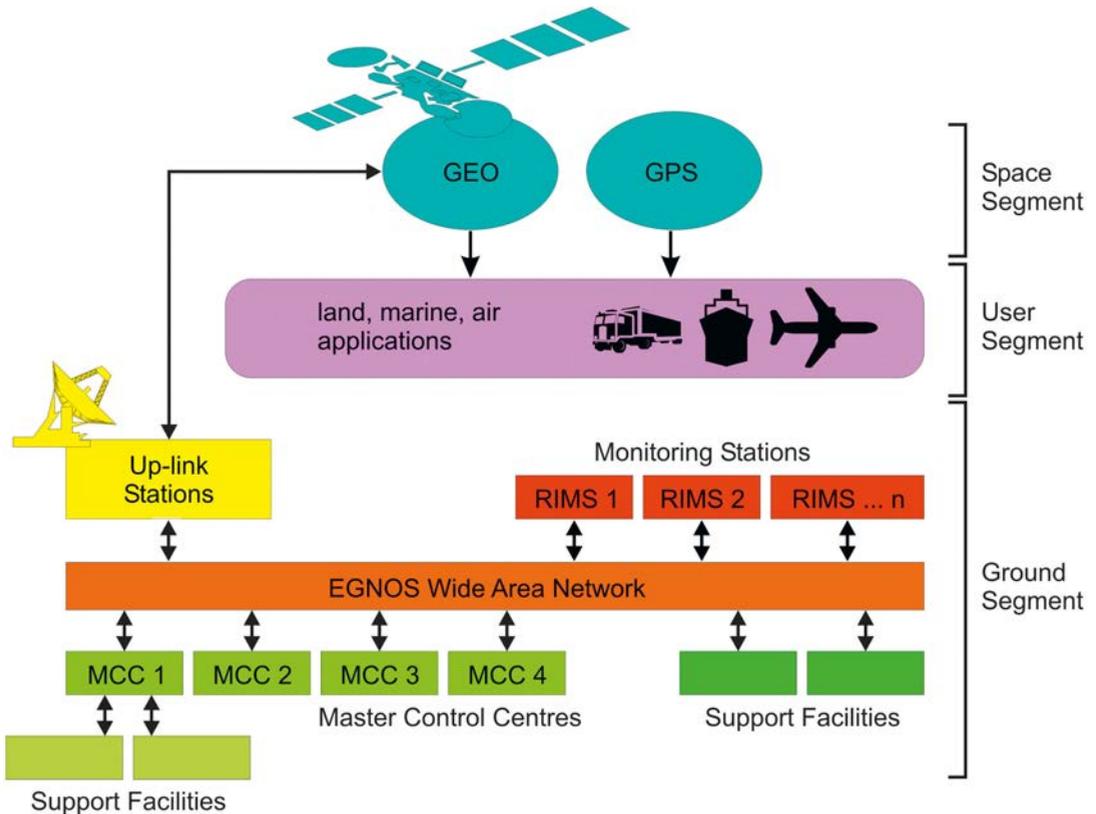


Abb. 1: EGNOS System Architektur

ter Verwendung der EGNOS-Information kann die horizontale Position mittels GPS Einfrequenzmessungen auf 3 m genau bestimmt werden (95% Konfidenzintervall; [3]). Unbedingt zu beachten ist, dass dieser Wert für die schlechteste Position im Abdeckungsbereich gültig ist. GPS verwendet eine etwas andere Definition, und spezifiziert für die horizontale Positionsgenauigkeit 13 m [4] (ohne EGNOS). Auch Galileo wird im Falle von Einzelfrequenzmessungen keine höhere Genauigkeit bieten.

Trotz der 38 Messstationen, die über Europa verteilt sind, ist es nicht möglich einerseits troposphärische Effekte zu modellieren, das heißt hier muss der Empfänger immer noch ein Standardmodell anwenden. Andererseits können Mehrwegeeffekte (engl.: Multipath), die lokal spezifisch sind, nicht berücksichtigt werden. Doch selbst die ionosphärischen Einflüsse werden in Anbetracht einer hohen ionosphärischen Aktivität und der damit verbundenen Variabilität noch zu wenig genau modelliert. Ein weiterer wesentlicher Nachteil von EGNOS ist die Ausstrahlung der Signale von einem geostationären Satelliten aus. Diese werden durch bauliche oder topographische Gegebenheiten abgeschattet, worunter die Verfügbarkeit aber natürlich auch wieder die Genauigkeit der Positionslösung leidet. Abschattung in diesem Zusammenhang bedeutet, dass das EGNOS Signal nicht empfangen werden kann.

### 3. OEGNOS

Es liegt nahe, die Lücke, den EGNOS an dieser Stelle für weitere Verbesserungen belässt, zu schließen und gleichzeitig einen Service anzubieten, der nicht von der EGNOS Satellitensichtbarkeit abhängig ist. So wurde im April 2009 ein österreichisches Forschungsprojekt gestartet, das sich folgende Ziele setzte:

- die Erforschung von Algorithmen zur Verbesserung der ionosphärischen Korrekturen von EGNOS durch lokale Messungen
- die Erforschung von Modellen zur Verbesserung der troposphärischen Korrekturen mittels atmosphärischer Echtzeitmessungen
- die Implementierung eines Systems zur Aussendung von EGNOS Korrekturen unter Einbeziehung der verbesserten atmosphärischen Korrekturen an den Nutzer über terrestrische Kommunikationswege

Nach Erreichung der Ziele, sollte es einerseits möglich sein auch bei bewegter Topographie, die die EGNOS Signale vom geostationären Sa-

telliten abschattet, dennoch EGNOS Informationen zu empfangen. Des Weiteren sollte es möglich sein die Performance, die EGNOS bietet, noch weiter zu steigern. Hier hat man sich den Sub-meter als ambitionierte Zielvorgabe gesteckt.

Das Projekt mit dem Titel „Österreichischer EGNOS Datenserver“ (Austrian EGNOS Data Server), oder kurz OEGNOS [5], wurde gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) vertreten durch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG). Um die Ziele bestmöglich zu erreichen, hat sich ein Konsortium aus Industrie und Wissenschaft gebildet. Geleitet wurde das Projekt von der TeleConsult Austria GmbH, ein Kleinunternehmen, das in Graz ansässig ist. Am Projekt waren des Weiteren das Universitätszentrum Rottenmann, die Technische Universität Wien (Institut für Geodäsie und Geophysik) und die Akademie der Wissenschaften (Institut für Weltraumforschung) beteiligt.

Das Projekt dauerte 18 Monate. Im Rahmen des Projekts wurde das technische Konzept erarbeitet, die Algorithmen zur Modellierung erforscht, das System implementiert, und schlussendlich in einem ersten Feldversuch getestet.

### 4. System Architektur

Angesichts der Ziele des angestrebten Systems ergeben sich die folgenden fünf Prozessschritte:

1. EGNOS Daten werden von einer Datenquelle bezogen und an einer zentraler Stelle dekodiert.
2. Aus den EGNOS Daten werden vorwiegend Satellitenuhrenfehler und Satellitenbahnfehler extrahiert.
3. Unterschiedliche Messdaten werden dazu genutzt, um weitere ergänzende und vor allem lokale atmosphärische Korrekturen zu rechnen. Diese werden an den EGNOS Korrekturdaten ergänzend angebracht.
4. Die Korrekturen werden in ein standardisiertes Format gebracht, das von handelsüblichen GPS Empfängern verarbeitet werden kann.
5. Schließlich werden die Korrekturen über eine Datenverbindung an authentifizierte Nutzer gesendet. Die GPS Empfänger verarbeiten die Korrekturen und können auf Basis dessen Positionen mit hoher Genauigkeit ausgeben.

Für Prozessschritt (1) werden EGNOS Daten über das EDAS System heruntergeladen. Der EGNOS Data Access Service (EDAS) ist ein Sys-

tem, das die EGNOS Daten, so wie sie vom Satelliten ausgesendet werden auch über eine LAN Verbindung zur Verfügung stellen. EDAS ist ein Service der vom EGNOS Betreiber angeboten wird. Der Vorteil von EDAS ist, dass man keine Empfängerhardware benötigt, aber dennoch auf den kompletten EGNOS Datensatz zugreifen kann. Darüber hinaus bietet EDAS noch weitere Informationen an, die hier aber nicht weiter beleuchtet werden. Alternativ beziehungsweise als Backup, sollte einmal die LAN Verbindung zum EDAS Server unterbrochen sein, werden EGNOS Daten auch von einem EGNOS Empfänger ausgelesen. Diese Redundanz bedeutet auch eine erhöhte Sicherheit.

Im Prozessschritt (2) werden die EGNOS Daten verwendet, um die Satellitenuhrkorrekturen

und Satellitenbahnkorrekturen zu extrahieren. Weiters werden die EGNOS Daten auch Prozessschritt (3) zur Verfügung gestellt. Sollten keine lokalen Messungen zur Ionosphärenberechnung vorhanden sein können die EGNOS Daten auch dazu verwendet werden, Korrekturen zu rechnen.

Prozessschritt (3) benötigt einerseits atmosphärische Messdaten, sprich Temperatur, Luftdruck und (optional) Luftfeuchtigkeit. Die können entweder von einer lokalen Messstation stammen oder von einem Netzwerk. Zur Berechnung von Wettervorhersagen gibt es ein dichtes Netz von Wetterstationen in ganz Österreich. Die Messdaten dieser Stationen stehen unter Berücksichtigung der Updaterate für Auswertungen entgeltlich zur Verfügung. Für das Projekt OEGNOS wurde eine einfache Wetterstation am

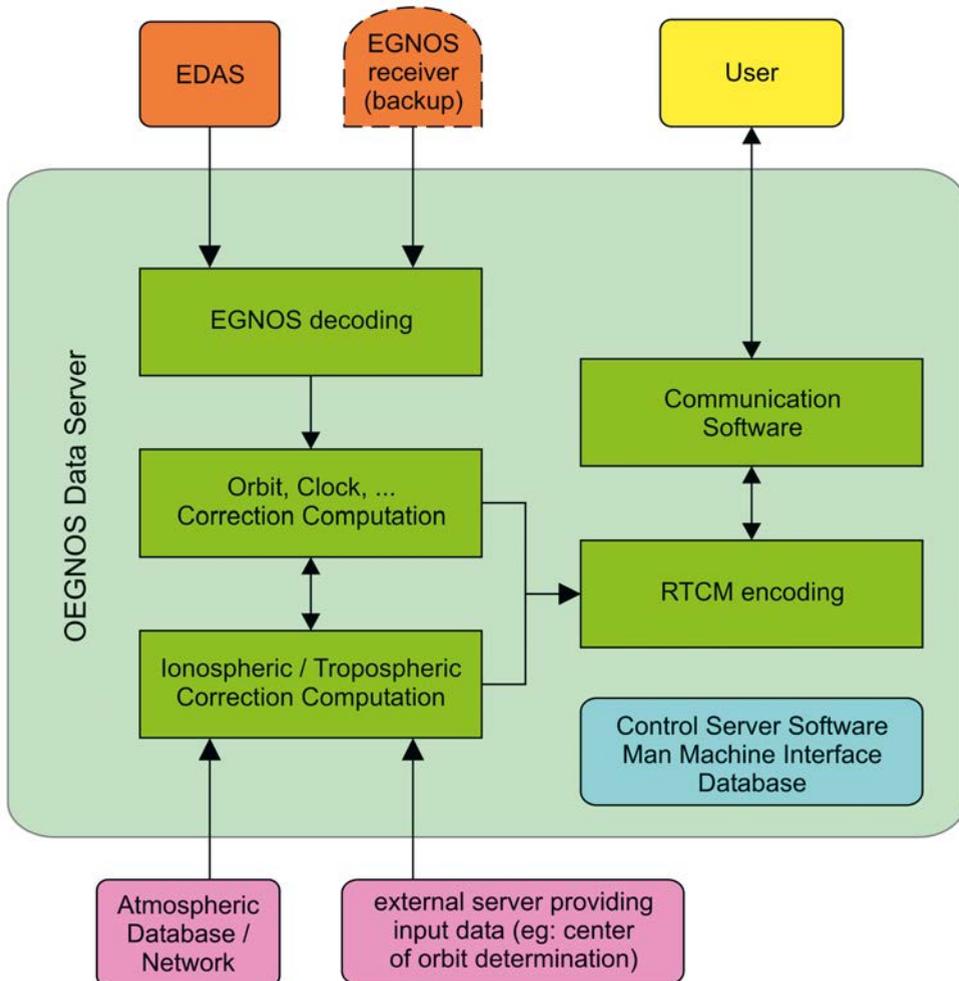


Abb. 2: OEGNOS System Architektur

Universitätszentrum in Rottenmann in Betrieb genommen, nachdem die ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) Wetterstation in Rottenmann erst im Aufbau war. Andererseits werden GNSS Messdaten von regionalen GNSS Stationen benötigt, um lokale ionosphärische Strukturen berechnen zu können. Hier konnte die Akademie der Wissenschaften auf die GNSS Messdaten mehrerer umliegender Stationen zurückgreifen.

Nachdem die EGNOS Korrekturinformation mit den lokalen und ergänzenden Korrekturen aufsummiert wurden, werden im Prozessschritt (4) die Korrekturen im RTCM Format enkodiert. RTCM ist ein Standard, der von vielen GPS Empfängern, auch Massenmarktempfängern, unterstützt wird. Damit wird sichergestellt, dass eine breite Palette von Produkten unterstützt werden kann. Die RTCM Nachrichten werden anschließend noch in das NTRIP Protokoll verpackt.

Innerhalb des Prozessschritts (5) meldet sich ein Empfänger über eine LAN Verbindung beim OEGNOS Server an. Üblicherweise wird die Verbindung mittels GPRS oder UMTS aufgebaut, kann aber auch mit anderen Kommunikationsmitteln hergestellt werden. Der Server authentifiziert den Empfänger und übermittelt, entsprechend der Position des Empfängers Korrekturdaten im RTCM / NTRIP Format. Der Empfänger decodiert die RTCM Messages und verwendet die Korrekturen, um eine erhöhte Positionsgenauigkeit zu erreichen. Eine Koppelung des GPS Empfängers mit einem Kommunikationsterminal (z.B. GPRS) ist hier unerlässlich.

Ein schematisches Schaubild der OEGNOS Systemarchitektur ist in Abb. 2 gezeigt. Die Prozessschritte sind in grün dargestellt. Im Hintergrund zu den einzelnen Modulen läuft eine Datenbank, zum Datenaustausch und zur Datenarchivierung. Ein Operatorinterface (Man Machine Interface) ermöglicht die Konfiguration des Serverbetriebs wie auch die Benutzerverwaltung. Die Control Server Software steuert die einzelnen Module und garantiert einen fehlerfreien Betrieb des Servers.

Die Erforschung und Implementierung der Algorithmen zur Berechnung der echtzeitnahen ionosphärischen und troposphärischen Korrekturen lag in der Verantwortung des Instituts für Geodäsie und Geophysik (TU Wien) und des Instituts für Weltraumforschung (ÖAW). Es wurden mehrere Algorithmen identifiziert, die einen unterschiedlichen Genauigkeitslevel erreichen. Je höher der Genauigkeitslevel der in quasi-Echt-

zeit benötigten atmosphärischen Streckenkorrekturen, desto mehr Inputdaten benötigen die Algorithmen. Um einen Service mit hoher Verfügbarkeit bieten zu können, wurden alle Algorithmen implementiert. Je nachdem welche Inputdaten vorliegen wird der genaueste Algorithmus ausgewählt und der entsprechende Service angeboten.

Das Universitätszentrum Rottenmann setzte die Steuerungssoftware sowie die Datenbank des Datenservers um, und zeichnete sich auch verantwortlich für die Server Hardware sowie für die atmosphärische Messstation. Die Tele-Consult Austria war zuständig für den Zugriff auf EDAS, für die Datendekodierung, für die Berechnung der Korrekturwerte aus EGNOS sowie für die Einkodierung in RTCM.

## 5. Tests

Nachdem alle Softwaremodule implementiert waren, und die Integration erfolgreich abgeschlossen war, wurde das System ersten Tests unterzogen. Dabei waren neben den Performanceparametern Genauigkeit und Verfügbarkeit zwei Fragen von zentralem Interesse: Wie ist die Performance der Lösung von OEGNOS im Vergleich zu EGNOS? Beziehungsweise im Vergleich zu GPS? Um die generelle Performance klären zu können war es notwendig, die OEGNOS Lösung mit einer Referenzlösung zu vergleichen. Gleichzeitig sollte eine reine GPS Lösung mit EGNOS und OEGNOS verglichen werden. Zur Beantwortung der Fragestellungen wäre es notwendig geworden 4 Systeme bzw. 4 Empfänger miteinander zu vergleichen, wobei man hier davon ausgeht, dass die Referenzlösung auf Basis von GPS Phasennmessungen berechnet wird. Für die Tests wurde eine Lösung konzipiert, die bei lediglich 2 Hardwareelementen alle Information liefert, die für die Analysen notwendig waren. Das sind insbesondere:

- GPS-only Lösung: hier wurden mittels Code-messungen im Post-processing Positionen gerechnet. Wie auch bei herkömmlichen Navigationsgeräten wurde in der Software zur Berechnung der Position ein Filteralgorithmus belassen. Dadurch ergeben sich zwar geglättete Lösungen, die aber nicht immer mit der Referenz übereinstimmen müssen.
- EGNOS Lösung: die Empfänger verwenden das Signal-In-Space (SIS), um die GPS Messungen mit EGNOS Daten korrigieren zu können. Die EGNOS Lösung ist nicht gefiltert.

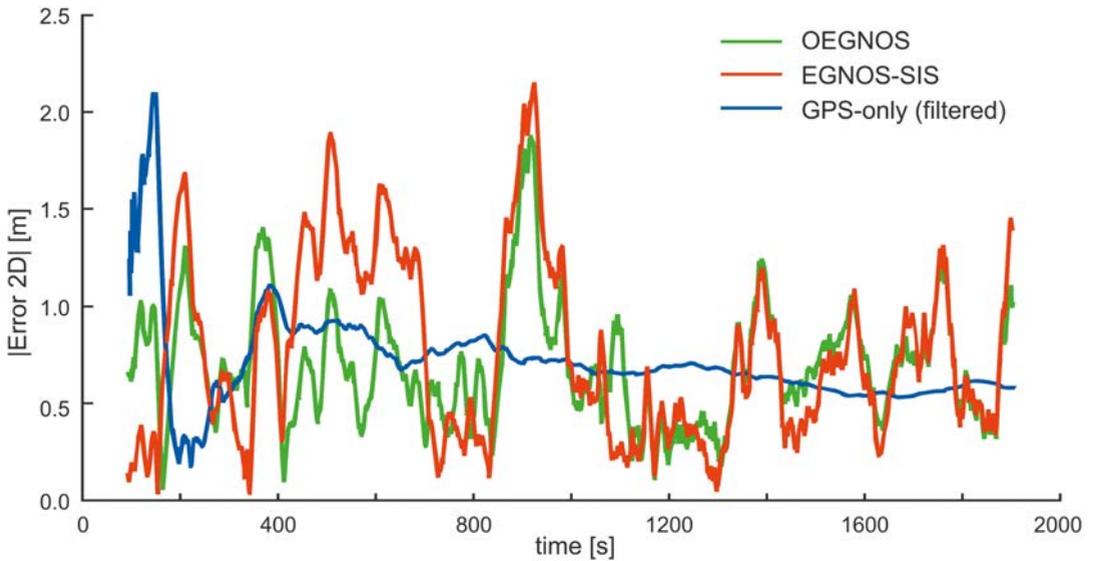


Abb. 3: Horizontale Abweichung von der Referenzposition bei einem statischen Test am UZR

- OEGNOS Lösung: beruht auf den Korrekturen, die über den RTCM Datenstrom vom OEGNOS Server kommen. Die OEGNOS Lösung ist nicht gefiltert.
- Referenzlösung: neben den Codemessungen wurden auch Phasemessungen aufgezeichnet, die anschließend mit Messungen von einer Referenzstation im Post-processing ausgewertet wurden. Auch die Referenzlösung ist nicht gefiltert.

Vor allem bei statischen Tests wurde die Referenzlösung für Vergleiche herangezogen. Im Dynamischen war es aufgrund der oft schwierigen Signalverhältnisse nicht immer möglich die Phasenambiguitäten zu lösen. Hier war aber ein reiner Vergleich von EGNOS/OEGNOS/GPS Lösung ausreichend.

Im Rahmen des OEGNOS Projekts wurden Messungen im Großraum Rottenmann (Obersteiermark) durchgeführt. Das Universitätszentrum Rottenmann (UZR) war auch der Standort des OEGNOS Servers, doch ist die örtliche Nähe keinesfalls eine Voraussetzung für den Betrieb. Weiters war von Vorteil, dass am UZR eine GPS Permanentstation lief, auf deren Daten bei Bedarf zugegriffen werden konnte. Natürlich wurde die Gegend rund um Rottenmann auch auf Grund der Topographie ausgewählt. Industriezentren, Technologieparks, Autobahn und land- und forstwirtschaftliche Bereiche rundeten das Testgebiet ab.

Abb. 3 zeigt den zweidimensionalen (2D) Fehler eines statischen Tests. Die GPS-only Lösung (in blau dargestellt) zeigt einen klaren Offset von der Referenzlösung, allerdings zeigt sich auch der Vorteil einer Filterung. Wichtig ist aber anzumerken, dass die gefilterten Positionen nicht notwendigerweise gegen Null tendieren. Die Performance von EGNOS (SIS) und OEGNOS sind ähnlich. Dies war zu erwarten, da auf Grund der geringen ionosphärischen Aktivität und der damit verbundenen geringen ionosphärischen Variabilität auch der Vorteil von lokalen Korrekturen geringer wird. Auch sind die höheren Korrekturgenaugkeiten der troposphärischen Parameter nicht in einem solchen Niveau, als dass das Gesamtergebnis OEGNOS gegenüber EGNOS deutlich steigern würde. Die Statistik allerdings zeigt eine Performanceverbesserung von OEGNOS im Dezimeter Bereich. Dies bedeutet allerdings, dass auch OEGNOS immer noch eine Genauigkeit im 1-2 Meter-Bereich besitzt. Die Performancesteigerung von OEGNOS würde gegenüber von EGNOS bei höherer ionosphärischer Aktivität, so wie es die nächsten Jahre zu erwarten ist, deutlicher werden.

Abb. 4 zeigt den dreidimensionalen Fehler unter Hinzunahme der Höhenabweichung. Die Genauigkeit von GPS sinkt gegenüber EGNOS und OEGNOS stark ab. Auch hier zeigen EGNOS wie auch OEGNOS ähnliche Performance.

Es stellt sich an dieser Stelle natürlich die Frage wie gut sind die OEGNOS Korrekturen im

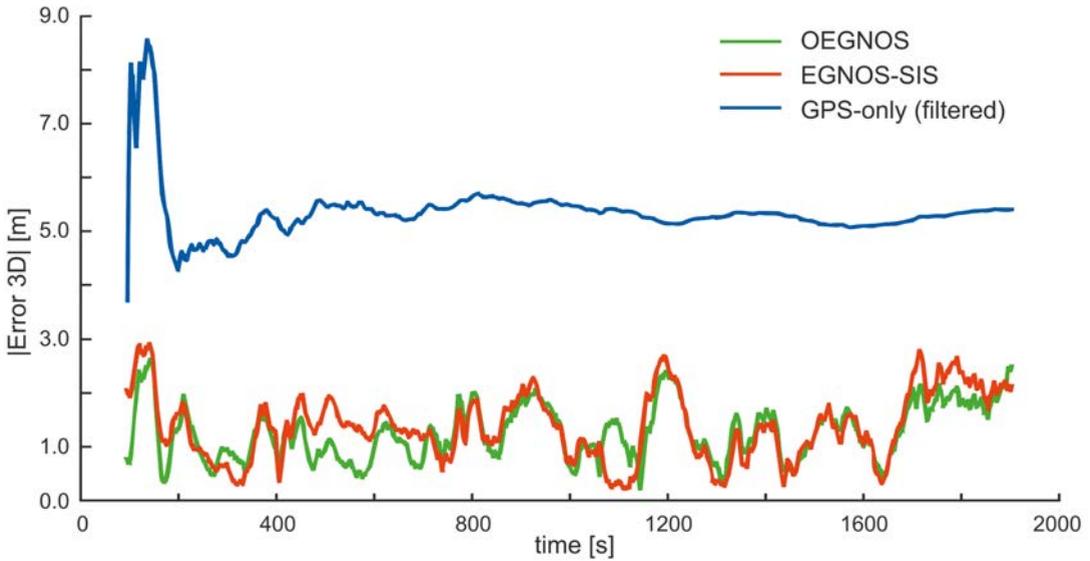


Abb. 4: Dreidimensionale Abweichung von der Referenzposition bei einem statischen Test am UZR

Vergleich zu den Korrekturen von EGNOS, beziehungsweise im Vergleich zu den Korrekturen einer lokalen RTCM Referenzstation. Weiters ist von Interesse wie die Performance von OEGNOS im Vergleich zu einem kommerziellen GNSS Korrekturdatendienst aussieht. Dazu wurden erstens die OEGNOS Korrekturen am Server aufgezeichnet. Zweitens wurde ein Empfänger konfiguriert EGNOS Korrekturen auszugeben. Drittens wurde eine lokale RTCM Station aufgebaut und kon-

figuriert RTCM Daten auszugeben. Viertens wurde von einem Datendienst, der Korrekturen für das GNSS Netzwerk anbietet, ebenfalls RTCM Daten heruntergeladen. Somit konnten von allen vier Quellen Pseudorange Corrections (PRC) verglichen werden. Leider hat die Firmware des Empfängers nur die EGNOS Korrekturen ohne atmosphärischen Anteil ausgegeben. Somit sollte die EGNOS Kurve in Abb. 5 mit Vorsicht interpretiert werden.

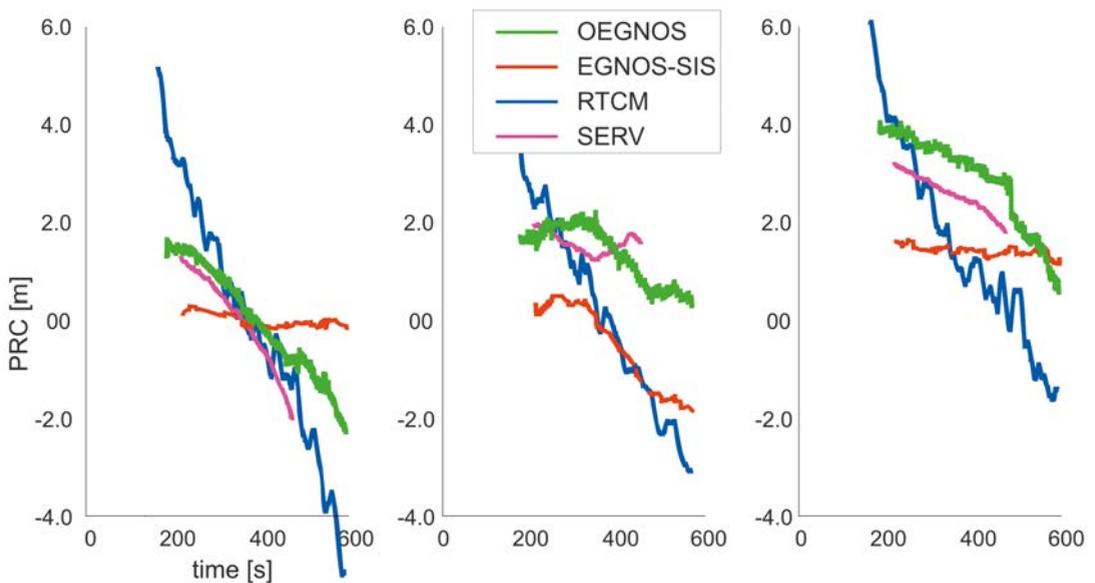


Abb. 5: Pseudorange Corrections der Satelliten PRN: 28, 27, 26; EGNOS PRC ohne atmosphärische Anteile

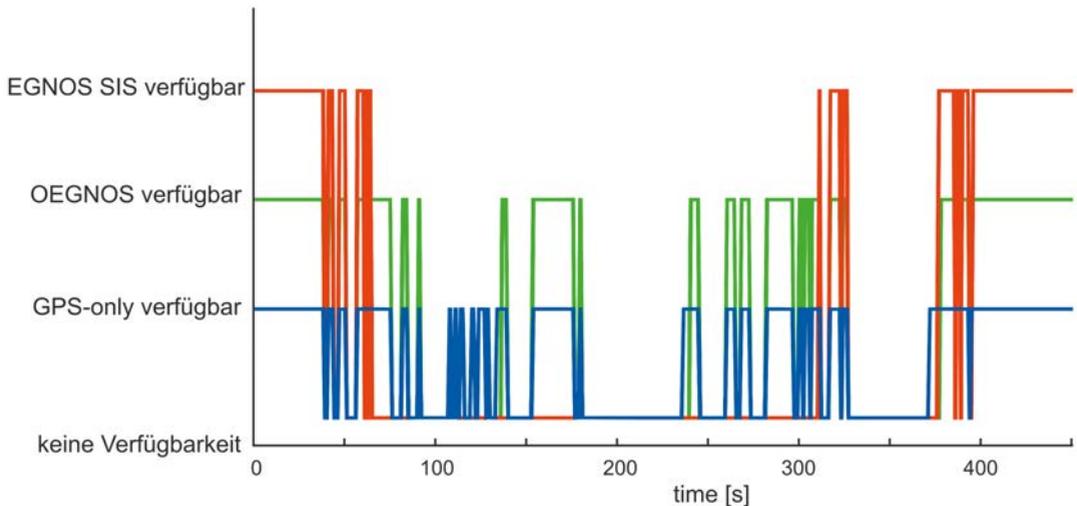


Abb. 6: Verfügbarkeit der Positionslösungen

Für einen besseren Vergleich der Korrekturen wurde noch ein Empfängeruhrenfehler eliminiert. Für den Satelliten mit PRN 28 zeigen alle drei Ergebnisse (OEGNOS, RTCM, SERV) eine sehr gute Übereinstimmung (Abb. 5). Im Falle PRN 27 zeigt die RTCM Lösung einen stärkeren Trend, wohingegen OEGNOS und SERV eine ähnliche Größenordnung in der Korrektur zeigen. Auch für PRN 26 besitzt die RTCM Lösung einen stärkeren Trend wohingegen OEGNOS und SERV gegeneinander konvergieren.

Neben der Genauigkeit war auch die Verfügbarkeit von Interesse. Die GNSS Empfänger boten die Option Daten im NMEA Format auszugeben. In der Positionslösung wird indiziert, ob EGNOS/RTCM Korrekturdaten vorliegen (Modus 2) oder ob die Positionslösung rein auf GPS basiert (Modus 1). Im Rahmen der Tests wurde festgestellt, dass die Empfänger auch bei längerem Ausfall des EGNOS Signals trotzdem weiterhin Modus 2 anzeigen. Es wird vermutet, dass die Empfänger die Langzeitkorrekturen auch über größere Zeiträume verwenden. EGNOS wurde dafür konzipiert innerhalb kürzester Zeit (6 Sekunden) über ein Fehlverhalten eines Satelliten oder eines Signals zu informieren. Diese Integritätsinformation ist vorwiegend für sicherheitskritische Anwendungen von Bedeutung. Wenn nun ein Empfänger, obwohl er kein EGNOS Signal empfängt, noch den Modus 2 anzeigt, dann ist dies im Sinne der Integrität eine Fehlinformation. Im Sinne der vorhandenen Korrekturen, bedeutet dies, dass die Positionsgenauigkeit mit fortlaufender Zeit geringer wird, obwohl dem Benutzer

immer noch Modus 2 angezeigt wird. Dies kann ebenfalls als Fehlinformation interpretiert werden.

Damit die Tests nicht von diesem Indikator Modus 2 fehlgeleitet werden, wurde nicht der Index sondern die Signalstärke des EGNOS Signals als Hinweis herangezogen, ob EGNOS Signale empfangen werden können. Abb. 6 zeigt die Verfügbarkeit von GPS, EGNOS-SIS und OEGNOS während eines dynamischen Tests in topographisch anspruchsvollem Gelände. Die Verfügbarkeit von GPS-only liegt bei 53%. Die Verfügbarkeit von OEGNOS bei 48%, wohingegen die Verfügbarkeit von EGNOS bei 29% liegt. Anzumerken ist, dass nach einem Ausfall von GPRS beziehungsweise GPS zuerst wieder eine Position vom Benutzer an den Server gesendet werden muss, bevor der Server erneut Korrekturen zurückliefert. Die Zeitdauer für die Wiederherstellung der GPRS Kommunikation in Verbindung mit der Zeitverzögerung auf Grund dieser Prozedur führt zu einer geringeren Verfügbarkeit von OEGNOS im Vergleich zu GPS. Dennoch ist die Verfügbarkeit von OEGNOS wesentlich höher im Vergleich zu EGNOS Signal-in-Space.

Wichtig: die hier genannten Zahlen für die Verfügbarkeit von EGNOS in gebirgigen Regionen sind nur in Zusammenhang mit diesem speziellen Testaufbau zu sehen, und sind keinesfalls mit der generellen Verfügbarkeit von EGNOS zu verwechseln.

Der Performanceparameter, der während der Tests nicht analysiert wurde, ist die Integrität. Im ersten Schritt wird angenommen, dass der OE-

GNOS Server nur für jene Satelliten eine Korrektur berechnet, die auch der EGNOS Integrität genügen. Somit wird angenommen, dass der OEGNOS Server die Integritätsinformation von EGNOS an den OEGNOS Nutzer, unter Berücksichtigung einer gewissen Zeitverzögerung, weiterleitet. Dies muss allerdings noch getestet und zertifiziert werden. Außerdem sind jene Fälle zu berücksichtigen, bei denen durch falsche lokale Messungen (z.B. Temperaturmessungen) weitere Integritätsfälle hinzukommen.

Alle Testergebnisse zeigten eine bessere Performance von OEGNOS im Vergleich zu EGNOS, mit Ausnahme jener Tests wo dies beabsichtigt war. Die Qualitätssteigerung, die durch OEGNOS gewonnen wird, ist abhängig von den atmosphärischen Aktivitäten und Variabilitäten. OEGNOS bietet aber eine höhere Verfügbarkeit als EGNOS, vorausgesetzt genügend GPS Satelliten sind sichtbar.

## 6. Weiterentwicklung

Das OEGNOS System wird in kommenden Forschungsprojekten weiterentwickelt. Potential für Forschung ist noch in den troposphärischen und ionosphärischen Modellen zu finden. Das von der FFG geförderte Projekt GIOMO beschäftigt sich mit verbesserten Methoden zur Ionosphärenmodellierung. Auch soll die Prädiktion der Ionosphärenmodelle ausgeweitet werden, um von GNSS Messungen in Echtzeit weitgehend unabhängig zu sein. Weiters ist von Interesse wie dicht das Feld an lokalen meteorologischen Messstationen sein muss, um ein ausgewogenes Maß an Genauigkeitsgewinn bei minimaler Anzahl von Messstationen zu erreichen. Darüber hinaus sind auch weiterführende Feldtests und vor allem auch Langzeittests von Interesse. Vor allem bei ansteigender Sonnenaktivität und der damit verbundenen höheren Ionosphärenaktivität wird sich das volle Potential von OEGNOS zeigen. Der 11-jährige Sonnenzyklus wird ca. 2012/13 wieder einen Höhepunkt in der Aktivität erreichen.

OEGNOS war ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt (R&D) das erfolgreich im September 2010 abgeschlossen wurde. Das System, das im Rahmen von OEGNOS entwickelt wurde, hat damit R&D Charakter. Das System hat aber das Potential für einen kommerziellen Datendienst. TeleConsult Austria plant den OEGNOS Prototypen in ein EGNOS Regional Data Service (ERDS) überzuführen. Dabei stehen vor allem die Servicestabilität wie auch die Zertifizierung im Mittelpunkt der Weiterentwicklung.

## 7. Marktanalyse

OEGNOS, beziehungsweise ERDS, ist nicht der einzige Dienst in Österreich, der differentielle Korrekturdaten für höhere Positionsgenauigkeit anbietet. Es gibt in Österreich bereits einige Dienstleister am Markt, die unterschiedliche Nutzergruppen ansprechen. Der wesentliche Unterschied zu diesen ist, dass der OEGNOS Service auf EGNOS Daten aufbaut. Unter Hinzunahme von meteorologischen Messungen und ionosphärischen Modellen kann die Genauigkeit von EGNOS weiter gesteigert werden. Dabei ist ein Ziel, die von EGNOS gebotene Integrität an den Nutzer weiterzugeben. Damit kann der Nutzer auf ein zertifiziertes wie auch sicheres System vertrauen.

Potentielle Märkte für das OEGNOS Konzept sind beispielsweise Precision Farming und hier speziell die Bestimmung von Agrarflächen im Rahmen von Förderansuchen, gewisse Bereiche im Straßenbau oder in der Binnenschifffahrt. Auch für Fahrerassistenzsysteme kann das OEGNOS Konzept wertvolle Information liefern, um beispielsweise die Fahrspur zu bestimmen.

Die Analyse des Marktpotentials geht auch Hand in Hand mit der Analyse der Risiken und der Schwächen eines Systems. Die Abhängigkeit von meteorologischen Echtzeitmessungen stellt dabei ein wirtschaftliches Risiko dar. Ein dichtes Netz von Messstationen stellt einen erheblichen Kostenfaktor aber auch ein hohes Maß an Datenkommunikation und Datenverarbeitung dar. Dabei muss auf Datensicherheit im Sinne der Integritätssicherung vor allem Bedacht genommen werden. Hier sollen in Zukunft verstärkt regionale Modelle zum Einsatz kommen, die zwar lokale Gegebenheiten gut modellieren, aber dennoch auf bestehende Infrastruktur zurückgreifen. Der Einsatz der Prädiktion vermeidet dabei die Abhängigkeit von Echt- oder Nahe-Echtzeitmessungen. Derzeit werden auch noch ionosphärische Modelle eingesetzt, die auf Echtzeit GNSS Messungen zurückgreifen. Auch hier ist die Datensicherheit und die Datenübertragung ein entscheidender Faktor. Aber auch hier soll in Zukunft auf prädierte Daten verstärkt zurückgegriffen werden.

Im Moment ist die Anbindung an das EDAS System auch noch mit Vorsicht zu behandeln. Der Service Provider von EDAS bietet im Moment noch keine entsprechenden Nutzungsverträge. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass diese noch in absehbarer Zeit kommen werden.

Das Marktpotential hängt natürlich auch davon ab, inwieweit das OEGNOS Konzept einen Mehrwert im Vergleich zu den bestehenden GNSS Signalen bietet. Der Wettbewerbsvorteil gegenüber den GPS Signalen ist hier unbestritten. Aber auch sobald die Galileo Signale verfügbar sein werden, wird OEGNOS immer noch eine höhere Genauigkeit als die GPS/Galileo Einzelpunktbestimmung bieten können.

## 8. Zusammenfassung

Der Österreichische EGNOS Datenserver (OEGNOS) bietet einen EGNOS Korrekturdatendienst, der speziell auf die Anforderungen in Österreich maßgeschneidert ist. Dazu werden verbesserte EGNOS Korrekturdaten über eine bodengestützte Kommunikationsverbindung den Nutzern bereitgestellt. Durch die Integration lokaler meteorologischer Parameter, abgeleitet aus realen Messdaten, wird außerdem die Qualität der EGNOS Korrekturdaten gesteigert. Hierfür werden die EGNOS Korrekturdaten dekodiert, durch lokal berechnete Ionosphären- und Troposphärenkorrekturen ergänzt, in einem RTCM Format kodiert und in einem ersten Schritt via authentifizierte Datenverbindung (z.B: GPRS) zur Verfügung gestellt.

Erste Tests wurden im Bereich Rottenmann gemacht. Die Analysen der Messergebnisse zeigten eine geringfügig gesteigerte Genauigkeit bei einer gleichzeitig höheren Verfügbarkeit im Vergleich zu EGNOS Signal-In-Space. Bei allen Tests war die Performance von OEGNOS immer besser als die von EGNOS. Es wird vermutet, dass vor allem bei erhöhter ionosphärischer Aktivität, die in den nächsten Jahren zu erwarten

ist, der Performanceunterschied zwischen OEGNOS und EGNOS deutlicher wird. Das OEGNOS System und vor allem die verwendeten Algorithmen und Modelle werden im Rahmen neuer Forschungsprojekte weiterentwickelt.

## Danksagung

Gefördert wurde das OEGNOS Projekt durch das Österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) im Rahmen des österreichischen Weltraumprogramms ASAP, das über die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft FFG abgewickelt wird. Die Autoren bedanken sich beim Fördergeber für die finanzielle Mittel, sowie bei der FFG für die professionelle Abwicklung. Allen Projektpartnern sei für die ausgezeichnete Zusammenarbeit ein Dank ausgesprochen.

## Literaturverzeichnis

- [1] *Europäische Union (2010)*: Galileo Homepage – [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index_en.htm)
- [2] *Europäische Union (2010)*: EGNOS Homepage – [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/egnos/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/egnos/index_en.htm)
- [3] *European Commission (2009)*: EGNOS Service Definition Document, Open Service. EGN-SDD OS V1.0. 01.10.2009
- [4] *Department of Defense (2008)*: Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, 4th edition.
- [5] *Österreichischer EGNOS Datenserver (2010)*: OEGNOS Homepage – [www.oegnos.at](http://www.oegnos.at)

## Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Dr.techn. Elmar Wasle, TeleConsult Austria GmbH, Schwarzbauerweg 3, A-8043 Graz.  
E-mail: [ewasle@tca.at](mailto:ewasle@tca.at)

Dipl.-Ing. Albert Kemetinger, TeleConsult Austria GmbH, Schwarzbauerweg 3, A-8043 Graz.  
E-mail: [akemetinger@tca.at](mailto:akemetinger@tca.at)