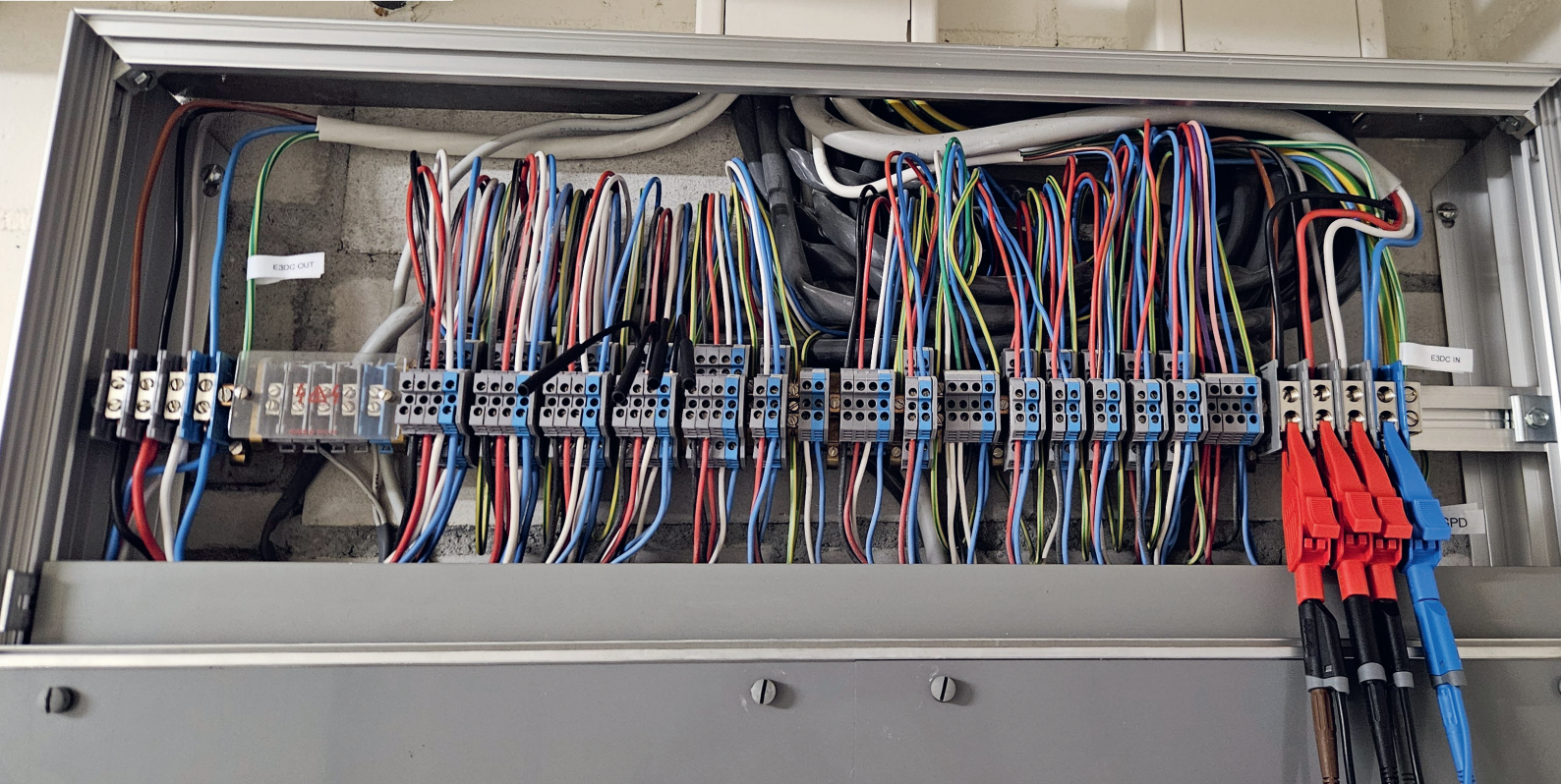


Anschlusspunkt einer Anlage
für Messungen.

Bilder: BfH



Technische Regeln für die Beurteilung von Netzurückwirkungen optimal nutzen

Das BFE-Projekt «Planet» zeigt auf, wie die Netzplanung effizient gestaltet werden kann

Stefan Schori, Michael Höckel

Die Transformation des Energiesystems verändert die Rolle der Verteilnetze grundlegend. Sie sind nicht länger eine weitgehend passive Infrastruktur, sondern sie werden zu aktiven, intelligenten Systemen, die Flexibilität nutzen und neue Betriebsstrategien ermöglichen. Forschung und Entwicklung konzentrieren sich daher aktuell auf Themen wie Flexibilitätsmanagement, dynamische Tarife, dezentrale Optimierung in sogenannten Micro Grids, Strategien für Netzwiederaufbau sowie Planungsansätze für Netze mit hohem Anteil erneuerbarer Energien. Die Webseite «Energy Research in Switzerland» gibt einen umfangreichen Überblick [1].

Vor diesem Hintergrund untersucht das vom Bundesamt für Energie unterstützte Projekt «Planet», wie die bestehenden Technischen Regeln für die Beurteilung von Netzzrückwirkungen (TRBNr) DACHCZ [2] optimal genutzt werden können, um die Netzplanung zukunftssicher und effizient zu gestalten. Das Labor für Elektrizitätsnetze der Berner Fachhochschule führt dazu gemeinsam mit elf Verteilnetzbetreibern (VNB), dem Messgerätehersteller Camille Bauer Metrawatt und der Softwarefirma Secure Switzerland mit ihrem Produkt Adapticity umfassende Analysen durch.

Das Projekt Planet

Die Zunahme an Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität, der Ersatz fossiler Heizungen mit Wärmepumpen und der massive Ausbau an PV-Anlagen können zu einem starken Ausbaubedarf der Schweizer Verteilnetze führen [3]. Zusätzliche Netzinfrastruktur wird nötig sein, um die Betriebsmittel nicht zu überlasten und um eine minimale Spannungsqualität zu gewährleisten.

Zur Koordination der Spannungsqualität im Verteilnetz und zur Beurteilung von Anschlussgesuchen verwenden Verteilnetzbetreiber in vielen Ländern die TRBNr DACHCZ. Ihre Anwendung soll eine hohe Sicherheit bieten, dass die Spannungsqualität

IN KÜRZE



(Power Quality, PQ) gemäss EN 50160 eingehalten wird [4]. Die BFE-Projekte OptiQ und QuVert haben bereits aufgezeigt, dass in Verteilnetzen oft erhebliche Qualitätsreserven bestehen [5, 6]. Reichen aber die aktuellen Planungsgrundsätze für einen kosteneffizienten Netzausbau aus? Und sind Ergänzungen für eine optimalere Ausnutzung der Netze möglich?

Um die Netzinfrastruktur optimal zu nutzen, ist es essenziell, die Gleichzeitigkeitsfaktoren und den Ausnutzungsgrad der Betriebsmittel zu kennen.



Bild 1 PQ-Messung am Anschlusspunkt einer Anlage.

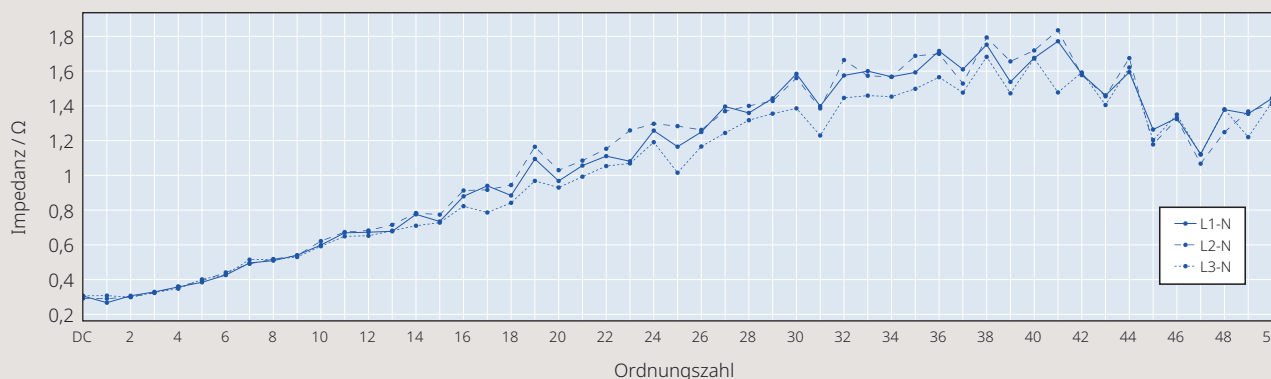


Bild 2 Messung der frequenzabhängigen Netzimpedanz zwischen allen drei Phasenleitern L1 bis L3 und dem Neutralleiter N bis zur 50. Oberschwingung.

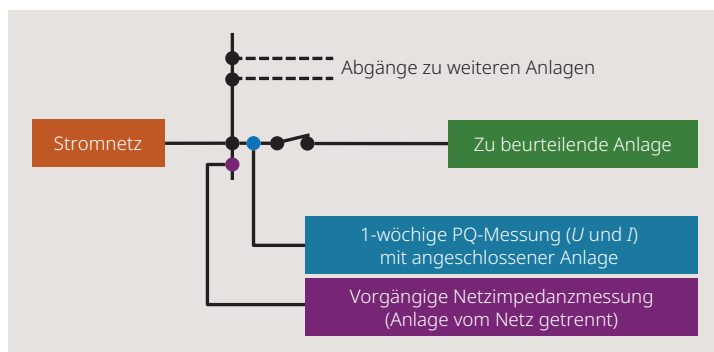


Bild 3 Schematische Darstellung eines Messpunkts.

Dies hat einen entscheidenden Einfluss auf den Netzbau. Die Berechnung der Emissionsgrenzwerte gemäss TRBNr hängt wiederum stark von der Netzplanung und -auslegung ab. Daher wird in diesem Projekt die aktuelle Praxis bei den VNB verglichen und die Spannungsqualität in ausgewählten Netzen analysiert, um spezifischere Erkenntnisse zu erzielen. Auf dieser Grundlage sollen ergänzende Empfehlungen zu den TRBNr DACHCZ abgegeben werden. Zusätzlich tragen Labormessungen zur Analyse bei, bei denen die Netzurückwirkungen moderner Geräte bei unterschiedlichen Spannungsverzerrungen untersucht werden. Schliesslich wird ein kostenloses Open-Source-Software-Tool fertiggestellt, das die Beurteilung von Anschlussgesuchen und Netzurückwirkungen nach der neusten Version 3 der TRBNr DACHCZ unterstützt und zusätzlich die Ergänzungen aus dem Projekt enthält.

Hauptziel des Projekts

Das Projekt soll aufzeigen, in welchen Gebieten und inwieweit die Anwendung heutiger Planungsregeln in den Verteilnetzen verbessert werden kann, um diese möglichst optimal auszunutzen. Dazu werden Hauptprobleme identifiziert und Lösungsansätze entwickelt. Durch die Überprüfung von Anschlussgesuchen mittels Feldmessungen wird ermittelt, inwieweit die Planung der Realität entspricht. Die Ergebnisse und Empfehlungen sollen im Sinne eines effizienten Netzausbaus in die gängige Praxis der VNB, des Verbands Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) und in die Weiterentwicklung der TRBNr DACHCZ einfließen.

Technische Anschlussgesuche

Zunächst wurde gemeinsam mit den VNB die Nutzung und Erfahrung im Umgang mit der neuen Version 3 der TRBNr DACHCZ analysiert. Insgesamt stellten zehn Netzbetreiber jeweils drei bis fünf beurteilte Anschlussgesuche für die Analyse zur Verfügung.

Es wurde untersucht, was unterschiedlich gehandhabt wird (z. B. beurteilte PQ-Phänomene und Gleichzeitigkeitsfaktoren) und welche Hilfsmittel die VNB verwenden. Es zeigte sich, dass es bei den beurteilten Anlagen, Anlagengrößen und Phänomenen zum Teil grosse Unterschiede gibt.

Am häufigsten wird das Phänomen der langsamen Spannungsänderung beurteilt. Dies ist besonders bei PV-Anlagen das wichtigste Kriterium, um zu bestimmen, ob Massnahmen für den Anschluss einer Anlage ergriffen werden müssen. Weitere Phänomene werden bei PV-Anlagen hingegen eher selten bewertet.

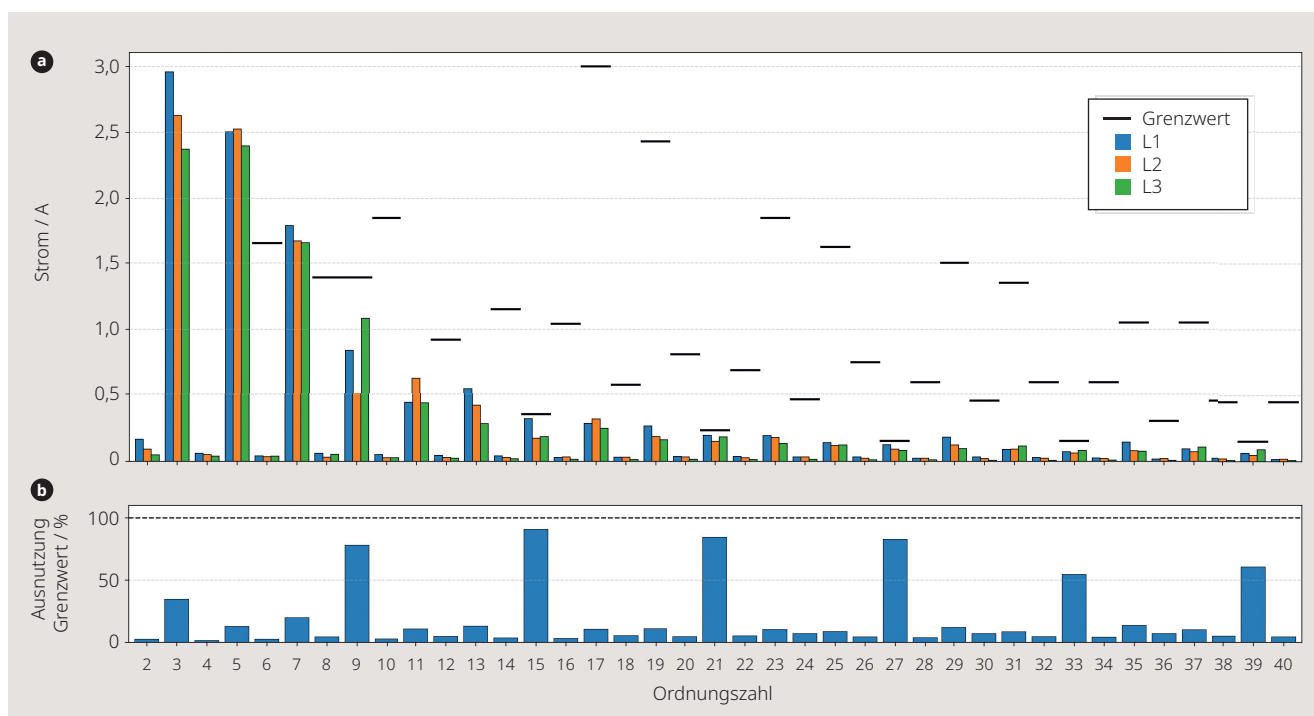


Bild 4 a) Gemessene Stromemissionen (Oberschwingungen, 95%-Werte einer Woche) im Vergleich mit den nach den TRBNr DACHCZ berechneten Grenzwerten, **b)** berechnete Ausnutzung des Grenzwerts.

résumé

Auch bei anderen Anlagen ist die Spannungsänderung der wichtigste Parameter. Je nach Anlagenart werden zusätzliche Phänomene beurteilt. So wird der Langzeitflicker (P_{lt}) beispielsweise bei Motoren, Wärmepumpen und Ladestationen im Allgemeinen genauer betrachtet. Am häufigsten wird die Bewertung von Oberschwingungen bei Motoren durchgeführt, gefolgt von Ladestationen und Wärmepumpen. Die Spannungsunsymmetrie (k_{u2}) wird insgesamt am seltensten betrachtet, da Grossanlagen meist dreiphasig sind und man davon ausgeht, dass einphasige Geräte gleichmässig auf die drei Phasen verteilt werden.

Feldmessungen

Nachdem die Nutzung und Erfahrungen bezüglich der Anwendung der TRBNr bei den Netzbetreibern analysiert wurden, werden im Projekt zurzeit die Anschlussgesuche mit den Messdaten aus den Verteilnetzen der Netzbetreiber verglichen. Hierfür fanden bisher bei sechs Netzbetreibern einwöchige Messungen an den Orten im Netz statt, für die die Netzbetreiber beurteilte Anschlussgesuche zur Analyse ausgewählt haben. Nun werden die Auswirkungen der gemäss Anschlussgesuchen beurteilten

Kundenanlagen auf Strom und Spannung analysiert. Es erfolgt ein Vergleich von Planung und Messung, um Verbesserungspotenziale abzuleiten. Die Messungen erfolgen mit PQ-Messgeräten Linax PQ5000 von Camille Bauer Metrawatt (Bild 1). Diese berechnen den Einfluss der Anlage auf die Spannungsoberschwingungen basierend auf einer individuell gemessenen oder allgemeingültigen frequenzabhängigen Netzimpedanz (Bild 2) und den Stromoberschwingungen einer Anlage. Die frequenzabhängige Netzimpedanz wird vorher am Messpunkt bei getrennter Anlage (Bild 3) gemessen. Dafür setzt das Projektteam die Messgeräte ONIS 1000 von morEnergy, GIA von NEO Messtechnik und NIM1000 von Megger ein. Die Daten der Netzimpedanzmessung werden vor der PQ-Messung im PQ-Messgerät hinterlegt. Anschliessend wird eine einwöchige PQ-Messung durchgeführt. Nach der PQ-Messung werden die gemessenen Stromemissionen (Oberschwingungen) der Anlage mit den nach dem Anschlussgesuch berechneten Emissionen verglichen (Bild 4a). Auf dieser Basis wird die Abweichung zwischen Planung und Realität quantifiziert (Bild 4b). Die Kenntnis darüber, an welchen Mess-

Utilisation optimale des règles techniques pour l'évaluation des perturbations du réseau

Le projet « Planet », pour une planification efficace du réseau

Dans le domaine des réseaux de distribution, la recherche se concentre actuellement sur des thèmes tels que la gestion de la flexibilité, les tarifs dynamiques, l'optimisation décentralisée dans les microréseaux, les stratégies de reconstitution du réseau et les approches en termes de planification pour les réseaux à forte proportion d'énergies renouvelables. Soutenu par l'Office fédéral de l'énergie, le projet « Planet » a pour objectif de déterminer comment utiliser de manière optimale les règles techniques pour l'évaluation des perturbations de réseau D-A-CH-CZ (TRBNr) et rendre ainsi la planification du réseau pérenne et efficace.

Le projet vise à montrer où l'application des règles actuelles de planification peut être améliorée pour exploiter le réseau électrique de manière optimale. Les résultats et les recommandations devront être intégrés dans la pratique courante des GRD, de l'AES ainsi que dans la suite du développement des règles TRBNr D-A-CH-CZ.

Dans un premier temps, l'utilisation et l'expérience acquise avec la nouvelle troisième version

des règles TRBNr ont été analysées en collaboration avec les GRD. Ainsi, dix gestionnaires de réseau ont chacun mis à disposition trois à cinq demandes de raccordement déjà évaluées pour l'analyse. Les différences de traitement (par exemple, les phénomènes PQ et les facteurs de simultanéité) ainsi que les outils utilisés par les GRD ont été examinés. Il est apparu qu'il existe parfois de grandes différences dans les installations, dans leur taille et dans les phénomènes évalués.

Les mesures en laboratoire seront terminées au printemps 2026, et d'autres mesures sur le terrain seront effectuées au printemps et à l'été 2026. Les facteurs de simultanéité seront ensuite calculés et comparés, et des propositions de valeurs indicatives seront élaborées. Les résultats seront finalement utilisés pour formuler des recommandations complémentaires aux règles techniques. Enfin, un outil logiciel opérationnel sera mis à disposition pour l'évaluation des demandes de raccordement, dans lequel seront intégrées les nouvelles recommandations.

punkten noch Reserven vorhanden sind oder wo Grenzwerte verletzt werden, hilft dabei, im nächsten Schritt Empfehlungen für die künftige Anwendung der TRBNr DACHCZ abzuleiten.

Weitere Schwerpunkte

Im Rahmen des Projekts wurden ergänzend zu den Feldmessungen bereits umfangreiche Labormessungen im Prosumer-Lab der Berner Fachhochschule durchgeführt. Dabei wird unter kontrollierten Bedingungen analysiert, wie verschiedene Geräte – etwa PV-Wechselrichter, Ladeinfrastruktur-Wechselrichter und Wärmepumpen-Umrichter – Stromemissionen bei unterschiedlichen Verzerrungen der Netzspannung erzeugen. Dabei wird beurteilt, ob diese Emissionen die Spannungsüberschwingungen verstärken oder abschwächen.

Ein weiterer wesentlicher Punkt des Projekts ist die Bestimmung der Gleichzeitigkeitsfaktoren verschiedener Anlagekategorien. Dazu werden umfangreiche Leistungsprofile von Smart Metern ausgewertet. Insbesondere wird die Veränderung der Gleichzeitigkeit vom Hausanschluss bis zur Trafostation untersucht. Das Ziel besteht darin, praxistaugliche Richtwerte für Gleichzeitigkeitsfaktoren und Ausnutzungsgrade zu entwickeln, um die Netzplanung zu unterstützen.

Ausblick

Die Labormessungen werden bis im Frühling 2026 abgeschlossen, weitere Feldmessungen erfolgen im Frühling und Sommer 2026. Anschliessend werden die Gleichzeitigkeitsfaktoren berechnet und verglichen sowie Vorschläge für Richtwerte erarbeitet. Die Erkenntnisse werden schliesslich genutzt, um ergänzende Empfehlungen zu den Technischen Regeln zu formulieren. Die Projektpartner, insbesondere die

Verteilnetzbetreiber, sind aufgefordert, Anregungen zu geben, wie die TRBNr DACHCZ aus ihrer Sicht ergänzt werden könnten, sodass bei einer negativen Beurteilung von Anschlussgesuchen allfällige Massnahmen möglichst geringe Kosten verursachen.

Abschliessend wird ein praxistaugliches Software-Tool zur Beurteilung von Anschlussgesuchen bereitgestellt, in das die neuen Empfehlungen integriert sind. Das Tool basiert auf einer bestehenden Anwendung der BFH. Es wird mit dem Tool eines Projektpartners verglichen, validiert und gemeinsam mit den Netzbetreibern getestet. Am Projektende soll es kostenlos zur Verfügung stehen und eine Beurteilung gemäss der neuen Version 3 der TRBNr DACHCZ ermöglichen.

Referenzen

- [1] www.energyresearch.ch/index.php?ID=3000&l=de
- [2] «Technische Regeln für die Beurteilung von Netzrückwirkungen», VSE, OE, VDE FNN, CSRES, 2021. www.strom.ch/dachcz.
- [3] «Auswirkungen einer starken Elektrifizierung und eines massiven Ausbaus der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien auf die Schweizer Stromverteilnetze», Consenteq, EBP und Polynomics, BFE, 2022.
- [4] SN EN 50160:2022, Merkmale der Spannung in öffentlichen Energieversorgungsnetzen, Electrosuisse, 2022.
- [5] S. Schori et al., Projekt OptiQ – Schlussbericht und Berichte der Arbeitspakete 1–5, 2020. www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=38729.
- [6] S. Schori et al., Projekt QuVert – Schlussbericht, 2024. www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=47340.

Link

> www.bfh.ch/de/forschung/forschungsbereiche/labor-elektrizitaetsnetze/

Autoren

Stefan Schori ist Professor für Elektrizitätsnetze an der Berner Fachhochschule.
> BFH, 2503 Biel
> stefan.schori@bfh.ch

Michael Höckel ist Professor für Energiesysteme an der Berner Fachhochschule.
> michael.hoeckel@bfh.ch

Ein spezieller Dank gilt den Projektpartnern AEW Energie AG, BKW Energie AG, Camille Bauer Metrawatt AG, CKW AG, Energie Service Biel/Bienne, Energie Thun AG, EW Höfe AG, EWZ, Industrielle Betriebe Murten, Primeo Energie, Repower AG, Secure Switzerland AG und Services Industriels de Genève (SIG). Am Artikel haben auch die wissenschaftlichen Mitarbeitenden Marc Studer, Nicola Zaugg und Alain Zwicker (alle BFH) mitgearbeitet.

ANZEIGE

49

dossier | energienetze

GIRSBERGER
INFORMATIK

SOFTWARE
FÜR ENERGIE
UND EFFIZIENZ

Girsberger Informatik AG
Bahnhofstrasse 53
CH-6440 Brunnen
+41 41 822 00 00 giag.ch

swiss made software