Wechselt das Erdmagnetfeld seine Polarität?

Autor(en): **Walker, Andreas**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **99 (2008)**

Heft 9

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-855857

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

Wechselt das Erdmagnetfeld seine Polarität?

Wie sich das Magnetfeld bemerkbar macht

Unser Erdmagnetfeld ist alles andere als konstant. Vor etwa 780 000 Jahren wechselte es zum letzten Mal vollständig die Polarität. Zurzeit nimmt seine Stärke aus unbekannten Gründen ab. Steht eine Umpolung bevor?

Für die Seefahrer war der Kompass eines der wichtigsten Instrumente, da seine Nadel auf den magnetischen Nordpol zeigt. Dieser weicht nur leicht vom geografischen

Andreas Walker

Nordpol ab. Schon die Chinesen stellten kleine Löffelchen aus Gusseisen her, die sich auf einer glatten Unterlage nach Norden ausrichteten. Die Funktion des Kompasses ist auf das Erdmagnetfeld zurückzuführen: Nach heutiger Kenntnis besitzt die Erde einen Eisenkern, dessen äusserer Bereich flüssig und dessen innerer Bereich fest ist. Infolge von Rotationsbewegungen sowie Strömungen des heissen flüssigen Eisens verhält sich der Kern wie ein riesiger Dynamo, der Strom erzeugt [1]. Da elektrische Ströme von Magnetfeldern umgeben sind, wird auch in diesem Fall ein riesiges Magnetfeld generiert, dessen Feldlinien von Süden nach Norden verlaufen.

Der Mensch besitzt keine bewussten Sinne, um Magnetfelder zu orten. Bei Zugvögeln ist dies anders. Man weiss heute, dass sie ihre Reiseroute mithilfe des Erdmagnetfeldes finden – wie dies allerdings im Detail funktioniert, ist auch heute noch nicht ganz klar. Forscher haben herausgefunden, dass beispielsweise Tauben winzige magnetische Partikelchen in ihren Schnäbeln haben, die ihnen die Orientierung ermöglichen.

Gestein archiviert das Erdmagnetfeld

Wenn sich flüssiges Gestein langsam abkühlt, werden die darin enthaltenen magnetischen Mineralien aufmagnetisiert. Diese Magnetisierung «gefriert» im festen Gestein und dient den Geologen noch Jahrmillionen später zur Rekonstruktion des Erdmagnetfeldes zur Zeit des Einfrierens. An den mittelozeanischen Rücken, wo die globalen tektonischen Platten auseinanderdriften, dringt laufend flüssiges Magma aus dem Erdinnern auf den Meeresgrund und erstarrt. Die ozeanischen Böden speichern somit die Ausrichtung des Erdmagnetfelds laufend und dienen den Geologen als Archiv zur Rekonstruktion der Magnetfeldgeschichte. Die Auswertung der Magnetisierungen solcher Gesteinsproben hat gezeigt, dass sich durchschnittlich 3- bis 4-mal alle Million Jahre das Erdmagnetfeld umgepolt hat. Die letzte vollständige Umpolung fand vor etwa 780 000 Jahren statt.

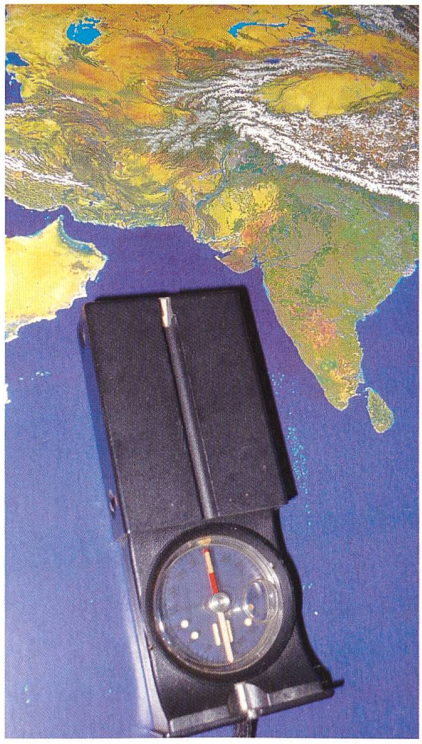


Bild 2 Das Erdmagnetfeld
Für die Seefahrer war der Kompass eines der wichtigsten Instrumente, da seine Nadel auf den magnetischen Nordpol zeigt.

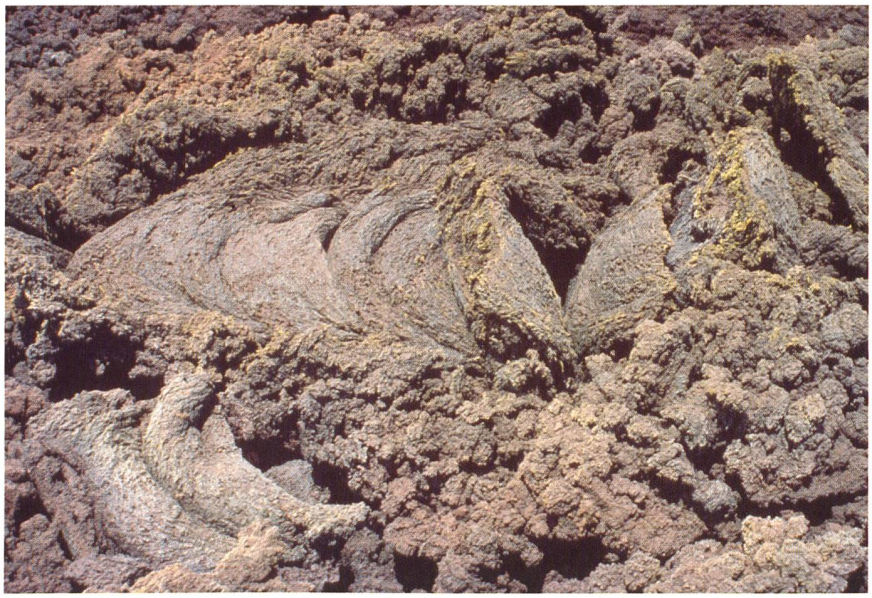


Bild 1 Die Lava archiviert das Erdmagnetfeld
Wenn sich flüssiges Gestein langsam abkühlt, werden die darin enthaltenen magnetischen Mineralien aufmagnetisiert. Diese Magnetisierung «gefriert» im festen Gestein und dient den Geologen noch Jahrmillionen später zur Rekonstruktion des Erdmagnetfeldes zur Zeit des Einfrierens.

Untersuchungen haben gezeigt, dass das Erdmagnetfeld in der geologischen Vergangenheit starke Änderungen erlebt hat. Bei der Ablagerung von Sedimenten in Wasser oder mächtigen Lössschichten an Land richten sich winzige magnetische Teilchen in Richtung des Erdmagnetfelds aus. Sedimentablagerungen aus Tiefseebohrungen weisen deshalb ein typisches Muster von Magnetisierung mit alternierend «normaler» und umgekehrter Polarität auf, das weltweit in den wesentlichen Punkten ähnlich ist.

Die Richtung hat sich schon oft geändert

Im Laufe der Erdgeschichte ist es also schon mehrmals zu Umpolungen des Erdmagnetfelds gekommen. Beim Vorgang der Umpolung verringert sich die Magnetfeldstärke so lange, bis sie etwa auf 10% abgesunken ist. Das Erdmagnetfeld hat dann ein kompliziertes Aussehen, bis die Feldstärke wieder zuzunehmen beginnt – allerdings umgekehrt gepolt. Bei diesem Vorgang tauschen Nord- und Südpol ihre Plätze. Eine Kompassnadel zeigt danach nach Süden anstatt nach Norden.

Messungen seit 1835 haben gezeigt, dass in diesem Zeitraum das Magnetfeld deutlich schwächer geworden ist. Ob dies nur eine Schwankung ist oder ob dies bereits die ersten Anzeichen für eine Umpolung sind, ist schwierig zu beurteilen, da der Zeitraum für eine vollständige Umpolung rund 5000 Jahre umfasst. Wenn die gegenwärtige Intensitätsabnahme weitergehen würde, dürfte die nächste Umpolung in etwa 2000 Jahren stattfinden. Es ist aber durchaus möglich, dass die beobachtete Abnahme nichts anderes als ein Teil einer langfristigen Intensitätsschwankung ist. Eine Umpolung oder eine starke Intensitätsabnahme könnte jedoch gravierende Folgen haben, die über Tausende von Jahren stattfinden würden.

Eine gigantische Leuchtstoffröhre

Die Polarlichter sind ein sichtbares Zeichen der Wechselwirkung von Sonne, Erdmagnetfeld und der hohen Atmosphäre. Unser Muttergestirn, die Sonne, arbeitet wie ein gigantischer Atomreaktor. Unter der Temperatur von 15 Millionen Grad und einem Druck von 100 Milliarden Atmosphären im Sonneninnern wird das leichteste Element Wasserstoff zu Helium verschmolzen. Bei diesem Kernverschmelzungsprozess wandelt die Sonne 4 Millionen Tonnen Materie pro Sekunde in reine Energie um. Durch diesen Prozess wird mit der Strahlung auch der Sonnenwind ausgesendet. Dieser besteht aus Elektronen, Protonen und Heliumkernen, die mit einer Geschwindigkeit von mehreren 100 Kilometern pro Sekunde in den Bereich des Erdmagnetfelds rasen.

In der Van-Allen-Zone (benannt nach James van Allen) werden die Teilchen eingefangen und für längere Zeit festgehalten, in einer Art magnetischen Flasche. Diese Zone umgibt die Erde in zwei gürtelförmigen Gebilden. So werden Elektronen, die in die Magnetosphäre gelangen, entlang den Feldlinien beschleunigt (ähnlich wie in einem Teilchenbeschleuniger) und tauchen in der Nähe der magnetischen Pole in die Atmosphäre ein. Dabei bringen sie diese zum Leuchten wie eine gigantische Leuchtstoffröhre. Diese Lichterscheinungen ziehen sich als zwei Ringe um den Nord- und Südpol und erscheinen dem Beobachter als Polarlichter – als Aurora borealis im Norden und Aurora australis im Süden.

Die Polarlichter sind eng mit der Sonnenaktivität verknüpft. In einem Zyklus von 11 Jahren häufen sich die maximalen Werte der Sonnenflecken und damit die Polarlichter. Dabei treten magnetische Stürme auf, die den irdischen Funkverkehr spürbar beeinträchtigen.

Auch andere Himmelskörper haben ein Magnetfeld

Polarlichterscheinungen existieren auch auf anderen Planeten, die ein Magnetfeld besitzen. Die amerikanischen Voyager-Sonden funkten in den 80er-Jahren spektakuläre Bilder von Jupiter und Saturn zur Erde, welche die Polarlichtringe um beide Pole deutlich zeigen.

Auch die Sonne hat ein globales Magnetfeld, genauso wie fast alle Planeten. Die Ausnahmen in unserem Sonnensystem sind die Venus und der Mars. Unser Mond hat auch kein globales Magnetfeld. Allerdings haben Mond und Mars lokale Magnetfelder, die wahrscheinlich Reste eines früher existierenden globalen Magnetfelds sind. Die Ursache dafür, dass die Venus kein Magnetfeld hat, könnte ihre langsame Rotation sein. Ein Venustag dauert rund 243 Erdtage. Auch einige Monde scheinen ein eigenes Magnetfeld zu besitzen, wie die Jupitermonde Io und Ganymed.

Jupiter, der grösste Planet unseres Sonnensystems, hat ein ausgeprägtes Magnetfeld, dessen genaue Entstehung noch nicht vollständig geklärt ist. Die Forscher gehen davon aus, dass der metallische Wasserstoff auf Jupiter sowie die extrem schnelle Rotation des Planeten eine wichtige Rolle beim Aufbau des starken Magnetfelds spielen. Der Gasriese hat einen Durchmesser von 143 000 Kilometern – das ist mehr als der 11-fache Durchmesser der Erdkugel. Trotzdem braucht er für eine Umdrehung nur 9 Stunden und 50 Minuten!

Sonneneruptionen, Magnetfeldschwankungen und Polarlichter

Je nach Sonnenaktivität können in aktiven Gebieten lokal begrenzte Explosionen auftreten – die «Flares». Diese Sonneneruptionen finden statt, wenn auf der Sonnenoberfläche schlagartig magnetische Energie

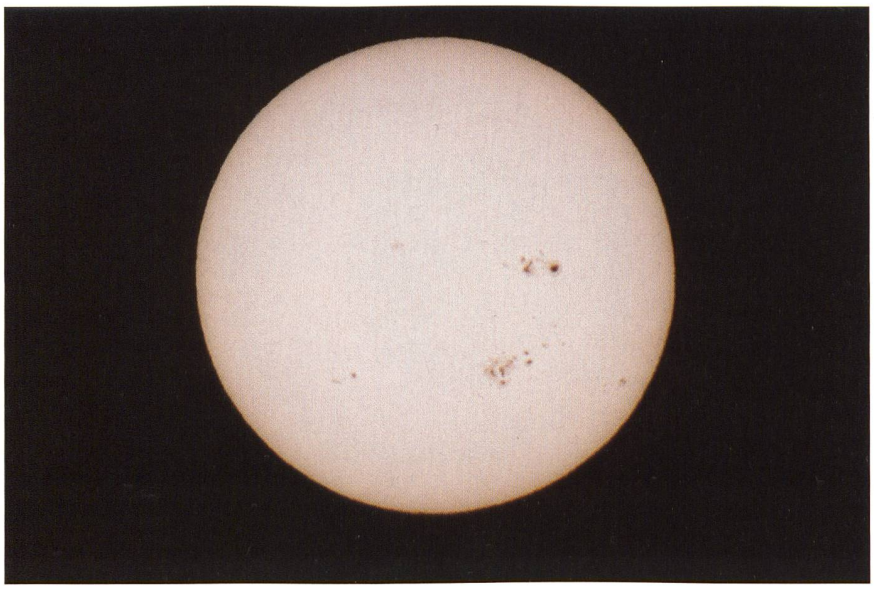


Bild 3 Sonnenflecken
Die Erscheinung der Polarlichter ist eng mit der Sonnenaktivität verknüpft. In einem Zyklus von 11 Jahren häufen sich die maximalen Werte der Sonnenflecken und damit die Polarlichter. Dabei treten magnetische Stürme auf, die den irdischen Funkverkehr spürbar beeinträchtigen.

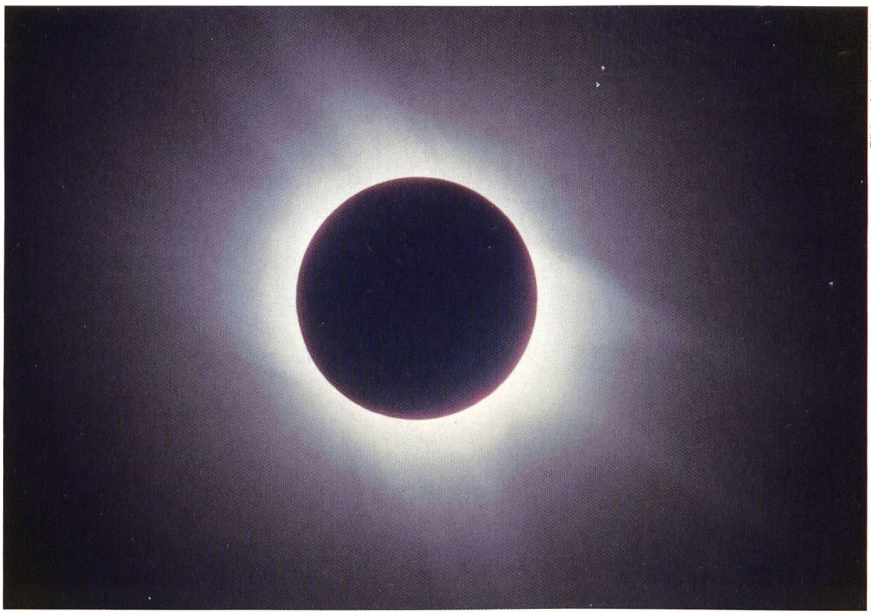
Bild 4 Polarlicht über dem Bodensee
Beim letzten Maximum der Sonnenaktivität konnten bei uns am 30. Oktober 2003 und am 20. November 2003 intensive Polarlichter gesehen werden.

in thermische umgewandelt und freigesetzt wird. Die während dieser Ausbrüche ausgestrahlte energiereiche Teilchenstrahlung verstärkt den Sonnenwind. Daher treten wenige Tage nach einer Sonneneruption meist intensive Polarlichter auf.

Beim Ansturm der energiereichen Teilchen (vor allem Elektronen und Protonen) auf die Erde können elektrische Ströme in Überlandleitungen oder Ölpipelines erzeugt werden. Ausserdem kann es zu Unterbrechungen in der Stromversorgung, dem Zusammenbruch des Telefonnetzes sowie zu Korrosionsschäden an den Rohren von Pipelines kommen. In der Nacht zum 13. März 1989 nahm die Häufigkeit und Stärke der Polarlichter nach einer grossen Sonneneruption stark zu. Der von der Sonne hereinprasselnde Teilchenschauer unterbrach in der kanadischen Provinz Québec mehrere Stunden die Elektrizitätsversorgung

Wenn die Sonnenaktivität ihr Maximum erreicht, können Polarlichter auch in niederen Breiten gesehen werden. So beobachtete man am 25. Januar 1938 und am 22. Januar 1957 intensive Nordlichter auch in der Schweiz. Besonders spektakulär war das Ereignis von 1938. Ein intensives rotes Nordlicht leuchtete am nächtlichen Himmel so stark, dass viele Feuerwehrleute in die umliegenden Gemeinden ausrückten, um einen vermeintlichen Grossbrand zu löschen.

Das intensive Nordlicht war in ganz Europa und sogar bis nach Algerien zu beobachten. Allerdings variierte die Dauer der Erscheinung an verschiedenen Orten ganz beträchtlich. Das Geschehen verursachte überall Störungen im Telegrafenverkehr. Auch beim letzten Maximum der Sonnenaktivität konnten bei uns intensive



Bilder: Andreas Walker

Bild 5 Magnetfeld der Sonne
Auch die Sonne hat ein globales Magnetfeld, dessen Struktur bei einer Sonnenfinsternis teilweise sichtbar wird. So ist bei der Korona gut der Nord- und Südpol der Sonne zu sehen – sichtbar am Verlauf der Koronastruktur, die an diesen Orten – ähnlich wie die Feldlinien – nahezu senkrecht zur Sonnenoberfläche verläuft.

Polarlichter gesehen werden – am 30. Oktober 2003 und am 20. November 2003 (Bilder 4 und 5).

Folgen des fehlenden Erdmagnetfelds

Wenn sich das Erdmagnetfeld drastisch abschwächen oder die Intensität des Sonnenwindes deutlich zunehmen würde, wäre der magnetische Schutzschild weniger wirksam. Das ist zwar nicht dramatisch, denn unsere Lufthülle schützt uns auch am Erdboden vor dem Sonnenwind. An den magnetischen Polen dringen die schnellen kosmischen Teilchen auch heute in die Erdatmosphäre ein, ohne spürbare Folgen. Zudem ist von einem grossen Artensterben während der vorangegangenen Umpolungen nichts bekannt.

Die Teilchen des Sonnenwinds dringen dann allerdings viel weiter als jetzt zur Erde vor, was für die moderne Technik und Elektronik fatale Folgen haben könnte. Unser moderner Flugverkehr wäre in der heutigen Form nicht mehr denkbar, denn die elektronischen Systeme zur Flugüberwachung reagieren empfindlich auf magnetische Schwankungen. Auch Computerdaten können bei magnetischen Störungen verloren gehen. Mit Sicherheit ist die Strahlenbelastung für Satelliten und Raumstationen ein Problem. Der Mensch breitet sich mit seiner Technologie zunehmend in die Magnetosphäre aus, beispielsweise mit Kommunikationssatelliten. Strahlungsbedingte Ausfälle solcher Satelliten sind bekannt.

Was ein verstärkter Sonnenwind oder der Kollaps des erdmagnetischen Schutzschilds für die Lebewesen am Erdboden – vor allem die Menschen – zur Folge hätte, ist zurzeit jedoch weitgehend unbekannt.

Résumé

Le champ magnétique terrestre va-t-il changer de polarité?

Comment le champ magnétique se fait ressentir. Notre champ magnétique terrestre est loin d'être constant. Il y a quelque 780 000 ans, il a totalement changé de polarité pour la dernière fois. Actuellement, son intensité diminue pour des raisons inconnues. Une inversion de polarité est-elle proche?

Referenzen

[1] Andreas Tilgner: Das Erdmagnetfeld entsteht durch den Dynamoeffekt, Bulletin SEV/VSE 21/2004.

Angaben zum Autor

Andreas Walker hat Geografie, Meteorologie und Fotografie an der Universität und der ETH Zürich studiert. Während und nach seinem Studium hat er an mehreren wissenschaftlichen Projekten und Expeditionen teilgenommen. 1992 schloss er seine Doktorarbeit über aussergewöhnliche Starkstromgewitter in unseren Breiten ab. Seit 1994 arbeitet er als freier Wissenschaftsjournalist, hält Kurse über Wetterkunde in Schulen und Firmen und ist Inhaber einer Bildagentur mit über 50 000 selbst aufgenommenen Farbdias über Natur- und Wetterphänomene.
5705 Hallwil, andreaswalker@gmx.ch, www.meteobild.ch

La certitude d'une solution EDM simple

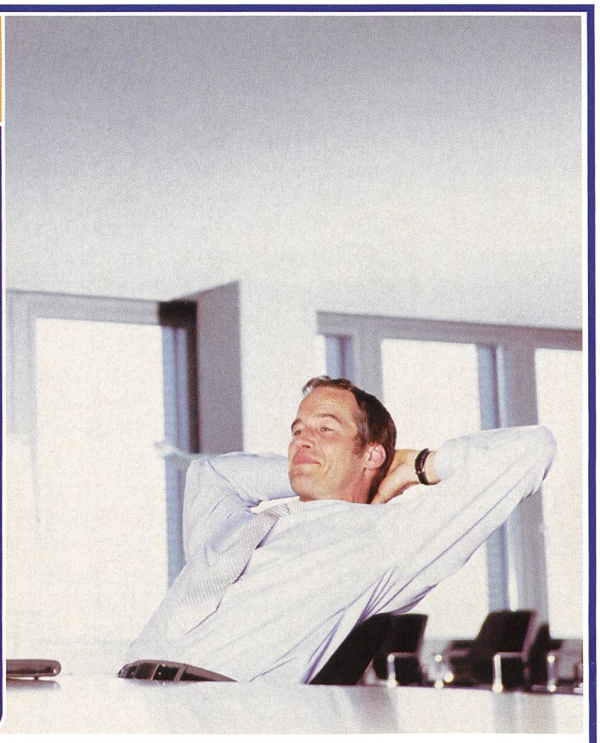
Afin de répondre à la LApEl, Groupe E vous propose une solution «clé en main» pour la gestion des données énergies (EDM).

- Compatible avec la plupart des marques de compteurs et des logiciels de facturation existants
- Permettant l'envoi automatique des données aux acteurs du marché en toute sécurité et selon les nouveaux standards requis
- Sur une plate-forme informatique déjà éprouvée par plusieurs clients et alimentée par des milliers de compteurs
- Modulable tout en tenant compte de vos besoins
- Avec une haute disponibilité et la garantie de confidentialité pour vos données d'énergie

Groupe E SA
Bd de Pérolles 25
CH-1701 Fribourg
T +41 26 352 52 28
F +41 26 352 52 99

info@groupe-e.ch
groupe-e.ch

En collaboration avec:
FMB BKW ENergie SA
FMB



groupe e