

Patente für verbesserte Stromnetze

Eine globale Trendanalyse der Innovationen bei physischen und intelligenten Netzen

Dezember 2024

Zusammenfassung

Der elektrische Strom bildet den Kern der laufenden Energiewende. Der Strombedarf ist in den letzten zehn Jahren doppelt so stark gestiegen wie der gesamte Energiebedarf, und diese Entwicklung wird sich in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter verstärken. Um die nationalen Energie- und Klimaziele der verschiedenen Länder zu erreichen (wofür die aktuell ergriffenen Maßnahmen nicht ausreichen), muss der Stromverbrauch in den nächsten zehn Jahren 20 % schneller wachsen als im gleichen Zeitraum in der Vergangenheit. Auf der Versorgungsseite werden die Stromnetze weiterhin immer mehr erneuerbare Quellen mit variabler Leistung und anderer geographischer Verteilung aufnehmen als im aktuellen Stromnetz. Gleichzeitig müssen viele Länder verstärkt in die Erneuerung ihrer veralteten Infrastruktur investieren, damit diese dem modernen Energiekonzept genügen: weltweit müssen bis 2050 etwa 50 Millionen Kilometer älterer Überland- und Freileitungen ersetzt werden.

Moderne, intelligente und erweiterte Netze sind daher für eine erfolgreiche Energiewende unverzichtbar. Herausforderungen bei technischen Innovationen sind die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, Sicherheit und Bezahlbarkeit, der Ausbau und die Optimierung der Stromnetze, um Stromerzeugung und -bedarf besser aufeinander abstimmen zu können. Daneben sind weitere investitionstechnische und politische Herausforderungen zu bewältigen. Es gibt viele Möglichkeiten für Innovatoren, um den Wandel zu sauberer Energie durch verbesserte netzbezogene Technologien zu beschleunigen und über den wachsenden Markt für diese Lösungen auch wirtschaftlich davon zu profitieren.

Allerdings sind die Stromnetze oft die stillen Helden des Energiewandels. Ihre Infrastruktur ist ein bekannter, wenig inspirierender Teil der Landschaft. Im besten Fall werden sie als selbstverständlich betrachtet, im schlimmsten Fall wird ihr Ausbau durch lokale Widerstände behindert. Es besteht die Gefahr, dass der Entwicklung neuer Produkte und Dienste zur Kostenreduzierung und Leistungsverbesserung der

Netztechnologien zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet wird – unter anderem durch Reduzierung des Bedarfs an Oberleitungen und indem man es den Stromkunden ermöglicht, ihre gewählte Verbrauchsart zu Geld zu machen –, so dass die Netze zu einem Engpass für die Modernisierung der Energiesysteme werden könnten.

Wie dieser Bericht zeigt, nehmen Forschung und Innovatoren weltweit diese Herausforderung an. In den vergangenen 19 Jahren stieg die Zahl der Patente im Bereich Stromnetztechnologien auf rund das Siebenfache von 2005. Dank robuster Daten zur technologischen, geografischen und unternehmerischen Verteilung dieser Patentierungsaktivitäten können Regierungen und Innovatoren die für sie relevanten Trends und Lücken verfolgen. Als führender Indikator für den technischen Wandel ergänzen Patentdaten andere Informationsquellen, mit denen zusammen sie praktisch umsetzbare Erkenntnisse zu regionalen Vorteilen, Wettbewerbsschwächen und strategischen Chancen liefern.

Diese Studie kombiniert das Fachwissen der Internationalen Energieagentur und des Europäischen Patentamts und ist die bisher umfassendste globale und aktuelle Untersuchung zur Patentierung im Bereich wichtiger Stromnetzfragen und -chancen. Die Studie stellt drei Gruppen kritischer Herausforderungen vor, die durch die Technologie gelöst werden können. Zwar gibt es viele Möglichkeiten, das Stromnetz "intelligenter" zu machen – eine Entwicklung, die bereits im Gange ist, wobei das Netzwerk zum eigentlichen Stromtransport mit einem Netzwerk von Kommunikationssystemen überlagert wird – doch jede der drei Herausforderungen kann nur durch eine Kombination aus Hardware- und Software-Verbesserungen überwunden werden. Bei der Patentierung von Technologien für intelligente Netze gibt es mehr Bewegung, doch Patente zur Verbesserung der physischen Netze folgen knapp dahinter. Doch in den kommenden Jahrzehnten werden noch weitere Innovationen in diesem Bereich folgen müssen.

Hauptergebnisse

- 1. Zwischen 2009 und 2013 war ein dramatischer Anstieg bei den Patenten in Verbindung mit dem Stromnetz zu verzeichnen. Seitdem hat sich diese Entwicklung in den meisten Regionen stabilisiert, mit Ausnahme der VR China, die 2022 erstmals die EU überholte und zur Region mit den meisten Patentanmeldungen wurde.**

Zwischen 2009 und 2013 war ein bemerkenswerter Anstieg bei den Patentierungsaktivitäten im Stromnetzbereich zu verzeichnen. In diesem Zeitraum stieg die Zahl internationaler Patentfamilien (IPF)¹ in Bezug auf Stromnetze im Durchschnitt um 30 % jährlich – deutlich stärker als die Durchschnittsraten von 12 % bei CO₂-armen Energietechnologien (EPO-IEA, 2021) und 4 % bei allen Technologien. Dieser Anstieg zeigt eine Phase des intensiven Interesses der Industrie an einer Reihe neuer Technologien für intelligente Netze,

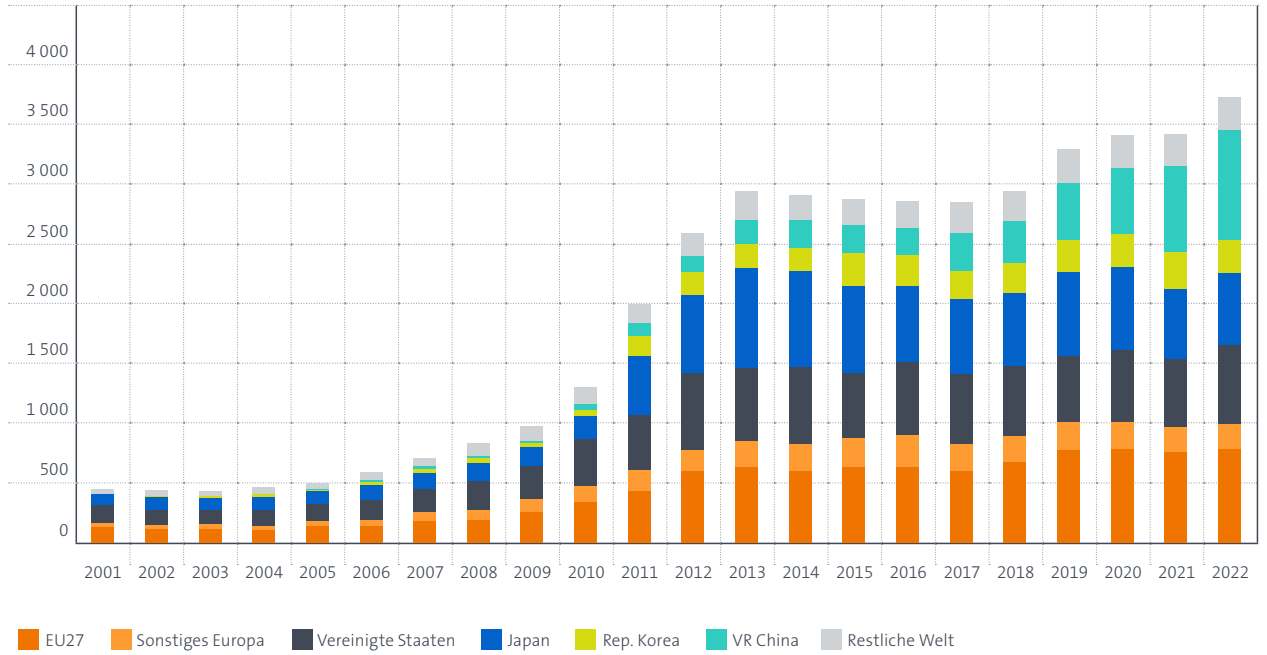
getrieben durch die Schaffung politisch gesteuerter Märkte und Standards für intelligente Stromzähler und Elektrofahrzeuge sowie die Aussicht auf eine schnellere Bereitstellung erneuerbarer Energiequellen. Der Trend verstärkte sich während dieses Zeitraums, auch dank neuer Software-Innovationen als wichtige Unternehmensstrategie. Dadurch konnten deutlich mehr und unterschiedliche Erfindungen im Bereich intelligente Netze patentiert werden, was zu einem Anstieg bei der Zahl der Patente mit intelligenten Elementen für das physische Netz im Zeitraum zwischen 2010 und 2022 um 50 % gegenüber dem vorangegangenen Jahrzehnt führte.

Dieser eindrucksvolle Anstieg fand überwiegend in Europa, Japan und den USA statt. In diesen Regionen blieben die Patentierungsaktivitäten auch in der Folge auf hohem Niveau stabil. Gleichzeitig konnte sich die VR China dank ständiger Weiterentwicklung nach und nach zum neuen globalen Wachstumsmotor bei Stromnetzpatenten entwickeln: Ihr Anteil stieg von 7 % weltweit 2013 auf 25 % im Jahr 2022. In diesem Jahr ist die VR China erstmals die Region mit den weltweit meisten Patentanmeldungen geworden.

¹ Jede IPF steht für eine einzelne Erfindung und umfasst die bei verschiedenen Patentämtern eingereichten und veröffentlichten Patentanmeldungen. Sie ist ein verlässlicher Indikator für eine gewisse Qualität der Erfindungstätigkeit, weil nur Erfindungen vertreten sind, die der Urheber für so wertvoll erachtet, dass er internationalen Patentschutz anstrebt. Alle in diesem Bericht enthaltenen Daten zu Patentierungstrends beziehen sich auf IPF.

Abbildung E1

Patentierungstrends nach Weltregionen (IPF 2001 - 2022)



Hinweis: Die Berechnungen basieren auf dem Land des IPF-Anmelders, mit Bruchteilzählung bei gemeinsamen Anmeldungen.

Quelle: Berechnungen der Autoren

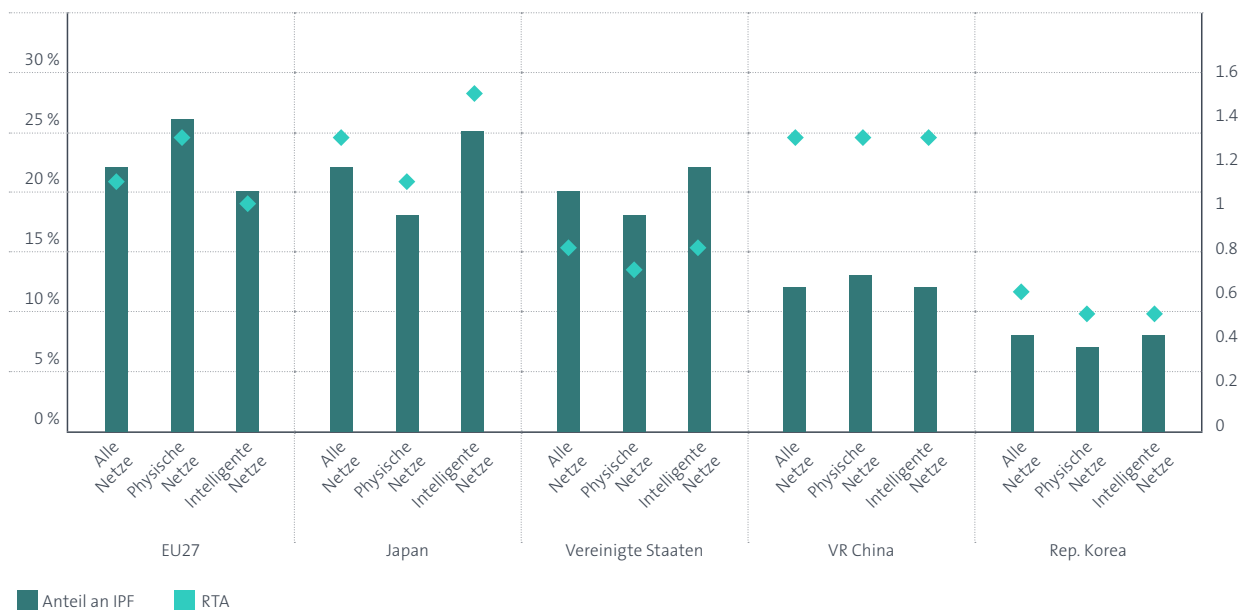
2. Die EU und Japan waren in den letzten zehn Jahren bei Patenten zum Stromnetz führend.

Die EU und Japan generierten zwischen 2011 und 2022 jeweils mehr als ein Fünftel der IPF in Verbindung mit Stromnetzen und haben bei diesen Technologien einen höheren relativen technologischen Spezialisierungsindex (RTA) als bei nicht netzbezogenen Technologiebereichen.² Der Beitrag Europas stützt sich in erster Linie auf Fachwissen im Bereich physische Netztechnologien –

die Schweiz allein generierte 5 % aller netzbezogenen IPF – während die relative Spezialisierung von Japan schwerpunktmäßig im Bereich der Technologien für intelligente Netze liegt. Neben anderen Regionen trugen die Vereinigten Staaten 20 % der Patentierungsaktivitäten im Netzbereich bei, haben in diesem Bereich jedoch keine relative Spezialisierung. Der Anteil der VR China an allen netzbezogenen IPF zwischen 2011 und 2022 lag deutlich niedriger, sie weist jedoch sowohl bei physischen als auch bei intelligenten Netztechnologien eine ebenso hohe Spezialisierung auf wie die EU.

Abbildung E2

Anteil der internationalen Patente und relativer Technologievorteil nach Weltregion und Art der netzbezogenen Technologien (IPF 2011 - 2022)



Hinweis: Die Berechnungen basieren auf dem Land des IPF-Anmelders, mit Bruchteilzählung bei gemeinsamen Anmeldungen.

Quelle: Berechnungen der Autoren

² Der RTA-Index zeigt die Spezialisierung eines Landes in Bezug auf stromnetzbezogene Innovationen im Verhältnis zu seiner Innovationskapazität insgesamt an. Er ist definiert als der Anteil von IPF eines Landes in einem bestimmten Technologiebereich geteilt durch dessen IPF-Anteil in allen Technologiebereichen. Ein Wert über 1 zeigt eine Spezialisierung in der jeweiligen Technologie an.

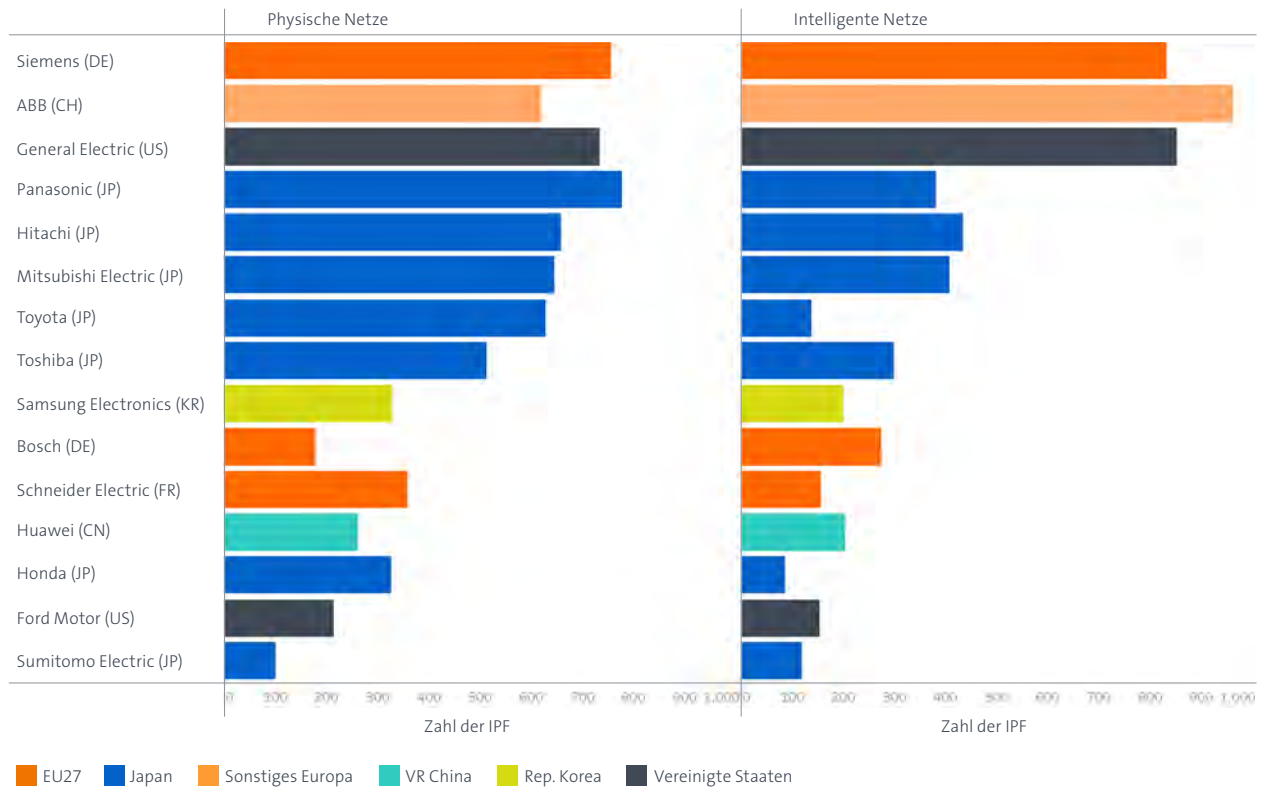
3. Siemens, ABB und General Electric führen das Ranking der Stromnetz-Patentanmelder an, ein Beleg für ihre Stärken insbesondere bei physischen Netztechnologien. Bei Innovationen im Bereich Intelligente Netze sehen sie sich starken asiatischen Mitbewerbern gegenüber.

Die führenden 15 Firmenanmelder generierten im Zeitraum zwischen 2011 und 2022 allein fast ein Drittel (31 %) der IPF bei netzbezogenen Technologien. Ihr kumulierter Anteil der IPF ist bei physischen Netztechnologien (35 %) etwas höher als bei intelligenten

Netzen (31 %). Siemens, General Electric und ABB, drei große Mischkonzerne aus Deutschland, den USA bzw. der Schweiz führen das Ranking an. Allerdings sind auch sieben japanische Anmelder vertreten, alle mit einer stärkeren Spezialisierung im Bereich intelligente Netze. Zu den übrigen führenden Anmeldern gehören Samsung Electronics aus der Republik Korea, Schneider Electric aus Frankreich und Huawei aus der VR China, ein Hersteller von Telekommunikationsausrüstung, der in den Bereich intelligente Netze expandiert. Drei Automobilhersteller (Toyota, Honda und Ford Motor) befinden sich wegen ihres wichtigen Beitrags zu Innovationen beim Laden von Elektrofahrzeugen ebenfalls im Ranking.

Abbildung E3

Die 15 wichtigsten Anmelder im Bereich Netztechnologien (IPF, 2011 - 2022)



Hinweis: Das Ranking der Anmelder ist nach der Gesamtzahl der IPF bei netzbezogenen Technologien sortiert. Manche davon könnten für mehr als eine der drei gezeigten Unterkategorien relevant sein; diese sind in jeder dieser Unterkategorien aufgeführt. Die von ABB Grid eingereichten IPF sind unter Hitachi konsolidiert.

Quelle: Berechnungen der Autoren

4. Innovationen bei intelligenten Netzen treiben die jüngste Häufung von Patenten bei Elektrizitätsnetzen voran. Viel Aufmerksamkeit gilt Innovationen, mit denen die Kunden den Strombedarf steuern können, doch der größte Anteil an Patenten im Bereich intelligente Netze bezieht sich auf die Steuerung größerer Anlagen.

Für Probleme in fast allen Bereichen von Stromnetzen werden intelligente Technologien entwickelt. Die Patentierungsaktivitäten bei der Steuerung von größeren (Grid-Scale) Anlagen begannen ab etwa 2010 und nehmen stetig weiter zu. Japanische Anmelder führen deutlich in Bereichen wie Prognose und Entscheidung oder Fernsteuerung von Wechselrichtern und Stromspeichern; die jüngste Zunahme der Patente bei der Störungserkennung wurde vor allem von chinesischen Anmeldern vorangetrieben.

Intelligente Stromzähler waren der erste kundenorientierte Bereich, bei dem eine Zunahme der Patentierung zu verzeichnen war, hauptsächlich in den USA und Europa, doch nach verstärkten Aktivitäten nach ihrer ersten Einführung hat das Interesse wieder

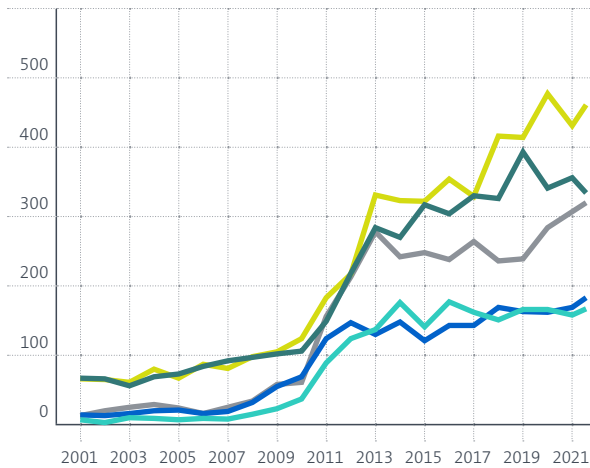
deutlich abgenommen. Allgemein schwanken die Patentierungstrends auf der Kundenseite intelligenter Netze aufgrund der kürzeren Produktentwicklungszeiten und der Standardisierung der Protokolle und Schnittstellen für Ausrüstung mit Netzanbindung stärker. Daher ist es für Innovatoren wichtig, geistiges Eigentum bereits frühzeitig während der Entwicklung neuer intelligenter Netztechnologiebereiche zu schützen, da sie in der Folge nur kurze Zeit von stufenweisen Verbesserungen profitieren könnten.

Eine ähnliche Dynamik zeigt sich bei den Patenten zum Laden von Elektrofahrzeugen, obwohl dieser Bereich seit 2015 wieder eindrucksvoll wächst, seit neue Techniken für die Aggregation und Fernsteuerung entwickelt wurden. Die neue Wachstumsphase fällt mit einem Wechsel der Patentierungsaktivitäten von Zulieferern zu Fahrzeugherstellern (OEMs) zusammen. Dies beweist, dass letztere ein starkes strategisches Interesse an der Beherrschung der intelligenten Ladetechnologie gewonnen haben. Insgesamt machen japanische Anmelder im Zeitraum von 2011 bis 2022 rund ein Drittel der IPF in diesem Bereich aus, gefolgt von US-amerikanischen und europäischen mit jeweils 20 % Anteil.

Abbildung E4

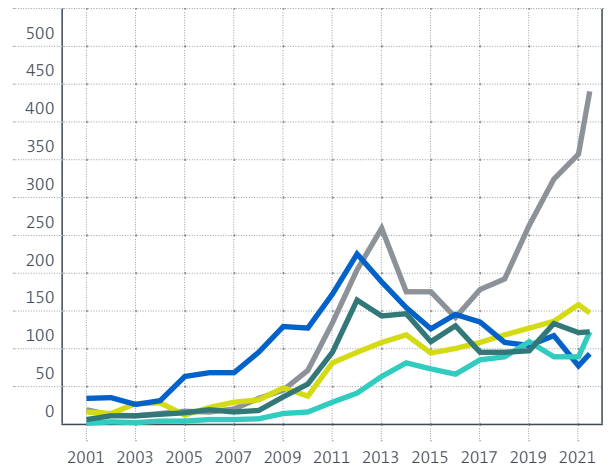
Zunahme der Patentierung bei ausgewählten Technologien für intelligente Stromnetze 2001 - 2022

Kontrolle der Erzeugung, Verteilung und Übertragung von elektrischem Strom



- Wechselrichtersteuerung
- Speichersteuerung
- Kontrolle der Energieerzeugung
- Störungserkennung
- Prognose und Entscheidung

Kontrolle des Bedarfs und Verkaufs von elektrischem Strom



- Nachfragereaktion
- Inselsysteme
- Intelligente Verbrauchsmessung
- Virtuelle Kraftwerke
- Ferngesteuertes/genossenschaftliches Laden von Elektrofahrzeugen

Quelle: Berechnungen der Autoren

5. Netzbezogene KI-Patente nahmen in den fünf Jahren bis 2022 um über 500 % zu und sind heute der aktivste Patentierungsbereich bei digitalen Enabling-Technologien, angeführt von den USA und der VR China

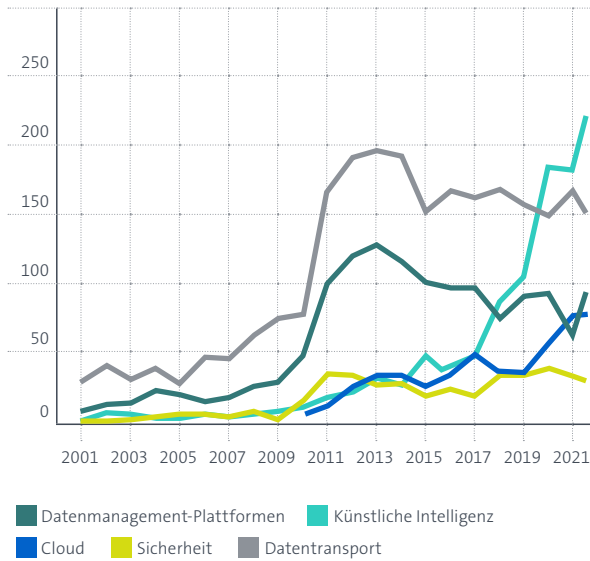
von 2000 bis 2022 zu einem rasanten Wachstum KI-bezogener Stromnetzpatente führte. Die KI wird jedoch auch bei Patenten zu anderen Bereichen intelligenter Netze eingesetzt, insbesondere bei Mikronetzen und beim Ausfall-Management. Die USA und China reichten die meisten Patente zu diesen Technologien ein, mit 24 % bzw. 23 % der KI-bezogenen IPF, gefolgt von den Ländern der EU mit 18 %.

Der wichtigste Bereich KI-bezogener IPF betrifft die Unterstützung von Prognosen und Entscheidungen, eine Kategorie, die 39 % der KI-bezogenen IPF ausmacht und

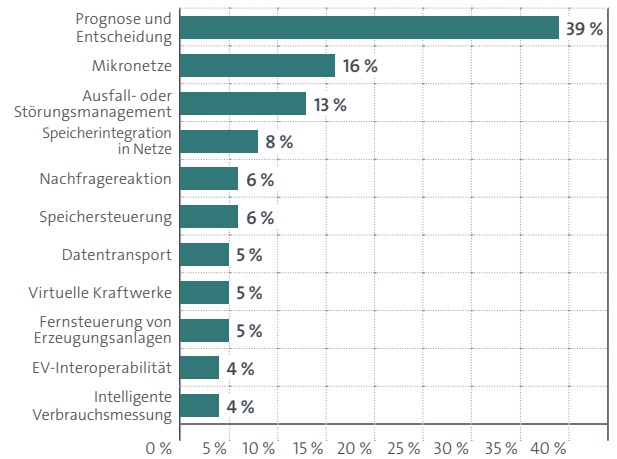
Abbildung E5

Der wachsende Einfluss der KI auf Innovationen bei intelligenten Netzen

Patentierungstrends in ausgewählten Enabling-Technologien bei intelligenten Netzen (IPF 2001 - 2022)



Technologien für intelligente Netze im Fokus KI-bezogener IPF (2011 - 2022)



Hinweis: Die Tabelle rechts zeigt den Prozentsatz der IPF im Zusammenhang mit KI für Netze, die auch einer anderen Kategorie von intelligenten Netztechnologien angehören. Manche davon können zu zwei oder mehreren dieser Kategorien gehören; andere könnten keine erkennbare Beziehung zu irgendeiner von ihnen haben.

Quelle: Berechnungen der Autoren

6. Ein Drittel der Start-up-Unternehmen für Stromnetztechnologien haben eine Patentanmeldung, viel mehr als in anderen Technologiebereichen. Diese Start-ups sind hauptsächlich in Europa und den USA angesiedelt.

358 der 1 085 Start-ups, die für diesen Bericht identifiziert wurden und mit Stromnetztechnologien zu tun haben, halten mindestens eine IPF. Dieser Anteil ist bemerkenswert hoch, verglichen beispielsweise mit dem Anteil aller europäischen Start-up-Unternehmen mit einer Patentanmeldung von geschätzt 6 %. Dies ist ein positives Indiz für die Fähigkeiten zur Mittelbeschaffung von Start-ups im Netzbereich. Die vorhandenen Nachweise deuten darauf hin, dass sich Patente positiv auf die Fähigkeit der Start-ups auswirken, Risikokapital zu erschließen (EPO-EUIPO, 2023).

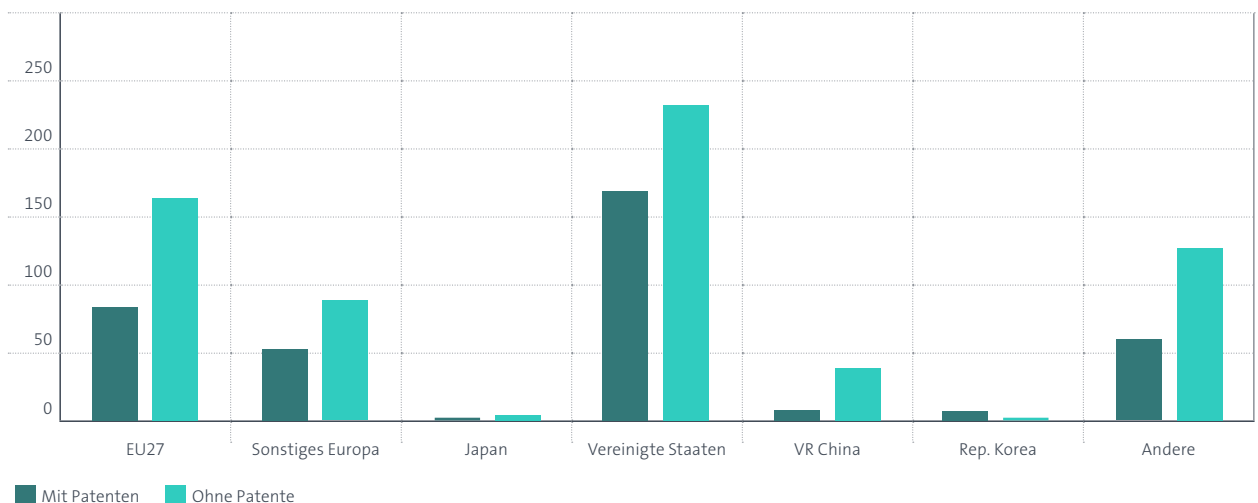
Bei den Technologien für intelligente Netze arbeiten ein Drittel der Start-up-Unternehmen an der

Netzoptimierung und ein Viertel am Stromhandel. Weitere wichtige Bereiche sind beispielsweise virtuelle Kraftwerke (20 %) oder Zählerhardware (14 %). Wider Erwarten entwickeln etwa die Hälfte der Start-ups Hardware, ein Innovationspfad mit erheblichen Risiken, der in der Regel geduldige Investoren und hohe Anfangsinvestitionen erfordert. Regierungen sollten ihre Aufmerksamkeit auf die Erfolge und Schwierigkeiten dieser Start-ups richten, um festzustellen, ob das Innovationsumfeld Unternehmer im Bereich Netzhardware angemessen unterstützt.

Die meisten der Start-ups sind in den USA und Europa angesiedelt, jeweils mit einem Anteil von etwa 39 % an der Gesamtzahl, 24 % hält allein die EU. Hingegen weist die kleinere Zahl der Start-ups in der VR China, der Republik Korea und Japan darauf hin, dass Risikokapital in den Innovationsökosystemen dieser Länder eine geringere Rolle spielt. Neben diesen Hauptregionen fallen Kanada (mit 50 Start-ups), Indien (30) und Israel (13) als weitere wichtige Standorte für netzbezogene Start-ups auf.

Abbildung E6

Start-up-Unternehmen in netzbezogenen Technologien: Anzahl der Start-ups und Patentierungsprofil nach Weltregion (2011 - 2022)



Quelle: Berechnungen der Autoren

Der vollständige Bericht ist verfügbar unter:

epo.org/trends-grids

iea.org/reports/patents-for-enhanced-electricity-grids

© 2024 EPA und OECD/IEA

ISBN 978-3-89605-384-8