

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 93 (2024)

Artikel: Sicherheit, Leitbilder, Praktiken : zum Spannungsfeld von Ressourcenbedingungen und technischem Wandel in der Windenergienutzung

Autor: Hesse, Nicole

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061984>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sicherheit, Leitbilder, Praktiken

Zum Spannungsfeld von Ressourcenbedingungen und
technischem Wandel in der Windenergienutzung

Nicole Hesse

Dieser Beitrag blickt mit dem Leitbegriff der Sicherheit auf die Geschichte der Windenergienutzung im 20. Jahrhundert (hauptsächlich in Deutschland) und identifiziert Felder, die forschungsrelevant für die Frage sein können, inwiefern Sicherheitsleitbilder und -praktiken mit technischem Wandel wechselwirken. Der Fokus wird dabei auf eine nutzerorientierte Technikgeschichtsschreibung gerichtet und eröffnet neue Dimensionen von Sicherheitsansprüchen und -prozessen im Kontext der Vielfältigkeit der Windenergienutzung. Neben einer kursorischen Betrachtung diskursiver Konstruktionen von Sicherheit liegt ein Hauptaugenmerk auf den Sicherheitsansprüchen und -bedarfen von Anlagenbauern, die gleichzeitig auch Betreiber sind und damit ein persönliches Interesse an der Sicherheit der Anlagen haben. Insbesondere wird die deutsche Selbstbauszene der 1970er- und 1980er-Jahre untersucht.

Sicherheitstechniken und sicherheitsfördernde technisierte Praktiken sind bislang in der Forschung vor allem mit Blick auf die Skalierung technischer Systeme im Zuge der fortschreitenden Industrialisierung, in der technikhistorischen Katastrophenforschung oder hin-

sichtlich der zunehmenden Regulierung von Technologien im 20. Jahrhundert untersucht worden. Das gilt für die Technikgeschichte im Allgemeinen ebenso wie für die Geschichte der Windenergienutzung. Inwiefern Sicherheitstechniken und -praktiken darüber hinaus als Motor für technischen Wandel identifiziert werden können, ist bisher hingegen kaum gefragt worden. Dies soll in diesem Beitrag für das Thema der Windenergienutzung untersucht werden.

Für den Wandel der Windenergietechnik lässt sich ein Spannungsfeld zwischen Ressourcenbedingungen, Effizienzsteigerungen und technischen Sicherheitseinrichtungen auf unterschiedlichen Ebenen ausmachen. Sicherheit ist dabei Gegenstand von Diskursen ebenso wie Bedingung und Folge technischer Skalierung oder Gegenstand unterschiedlicher technischer Konstruktions- und Anwendungspraktiken. In den Quellen zeigt sich etwa, dass die Selbstbauer¹ der 1970er- und 1980er-Jahre die Herstellung von Sicherheit als elementaren Bestandteil ihres Wirkens expliziter thematisierten als die damalige technische Forschungsliteratur. Im handwerklichen Selbstbau lagen die Konstruktionsprozesse sehr dicht an den Nutzungspraktiken, sodass sicherheitsrelevante Problematiken besonders relevant waren.

Der Beitrag spürt daher im Folgenden der Sicherheitswahrnehmung und -umsetzung in der Windenergienutzung mit besonderem Augenmerk auf anwendungsbezogene Praktiken und den Selbstbau nach. Zeitlich wird das 20. Jahrhundert in den Blick genommen, das für die Windenergietechnik und -anwendung als ein Jahrhundert der Vielfältigkeit und Multiperspektivität gedeutet werden kann und dabei gleichzeitig immer im Kontext unterschiedlichster (Energie-)Krisen stand. Im Rahmen dieses Beitrags geht es vor allem darum, Themenkomplexe aufzuzeigen, die sich für weitergehende Untersuchungen lohnen könnten. Dabei wird an Forschungen zur Windenergienutzung in Deutschland und Frankreich seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert angeknüpft, die sich mit Narrativen, Wissen und Praktiken beschäftigt und dabei implizit auch immer wieder Fragen der Sicherheit gestreift haben.² Die untersuchte, breite Quellenbasis beinhaltet technische Fachliteratur und Selbstbauanleitungen ebenso wie staatliche Dokumente und Zeitschriften.

Windenergienutzung und Sicherheit

In den letzten Jahren kam es wiederholt zur Havarie grosstechnischer Windenergieanlagen, die mittlerweile über 150 Meter hoch sind. Die Ursachen können vielfältig sein: technisches Versagen, Eiswurf, Brand, Materialermüdung mit Bruch oder auch Stürme – also ein Übermass der an sich notwendigen Ressource Wind. Durch die immer weiter sinkende Risikoakzeptanz und das zunehmend hohe Sicherheitsbedürfnis industrialisierter und postindustrieller Gesellschaften – wie es der Philosoph Hermann Lübbe formulierte – ergeben sich aus derartigen Schadensfällen immer wieder Debatten um die Sicherheit beziehungsweise Unsicherheit der Anlagen, um Praktiken der Wartung, Instandhaltung und Prüfung oder um technische Normen und Arbeitsschutz, aber auch konkrete Handlungsimpulse.³ Ulrich Beck spricht in seiner Konzeption der Risikogesellschaft von wissenschaftlich-technisch produzierten Risiken. Wenngleich er diese umfassender denkt, adressiert er dabei mit dem Verhältnis zwischen Natur, Mensch und Technik Aspekte, die auch in der Windenergiegeschichte erkennbar sind.⁴

Sicherheit als Leitbegriff für die Technikgeschichtsforschung erfordert über diese Betrachtungen hinaus eine stärker nutzungs- beziehungsweise anwendungsorientierte Perspektive, in der die historische Windenergieforschung noch einige Leerstellen hat. Das Konvolut an wissenschaftlichen – nicht zuletzt historischen – Publikationen zur Windenergienutzung ist in den vergangenen vierzig Jahren der gesellschaftlichen Relevanz entsprechend stetig gewachsen. Die meisten historischen Arbeiten beschäftigen sich mit Innovationsgeschichten, Länderstudien, Technikakzeptanz oder der Windenergie in Konkurrenz zu anderen Energieträgern.⁵ Fragen von Sicherheit, Haltbarkeit und Qualität wurden bislang vornehmlich ingenieurwissenschaftlich im Kontext von Entwicklungs- und

Innovationsprozessen adressiert. In der historischen Windenergieforschung spielen derlei Aspekte eher eine Nebenrolle. So haben sich beispielsweise innovationszentrierte Fragestellungen mit technischer Machbarkeit beschäftigt und dabei unweigerlich auch Sicherheitsaspekte berührt, diese aber nicht in den Mittelpunkt gestellt.

Der Begriff der Sicherheit wird im Folgenden daher als Leitbegriff konkretisiert und bezieht sich nicht nur auf die Sicherheit technischer Systeme und technischen Handelns. Mit einem erweiterten Sicherheitsbegriff wird neben der Sicherheit im Sinne von Gefahrenvermeidung an technischen Systemen und während technischen Handelns auch die Ressource selbst mitbetrachtet. Ich schlage diese Verknüpfung vor, weil die Ressource – der Wind in Form von Stürmen und Orkanen – das konstanteste Sicherheitsproblem in der Geschichte windenergietechnischen Wandels war. Das spiegelt sich auch in den Diskursen um die Windenergienutzung wider. Sicherheitsansprüche an die technischen Anlagen oder die Sicherheit von Betreibern oder anderen Personen standen in den allermeisten Fällen in einem Zusammenhang mit dem wechselvollen Verhalten der Ressource. Die durch den effizienzgesteuerten technischen Wandel vorangetriebene Vergrößerung der Anlagen verschärfte überdies das Wechselspiel zwischen Ressource und Sicherheitsansprüchen. So zeigte sich nicht zuletzt im Umgang mit den Wechselwirkungen zwischen Ressource und Technik die Sicherheit als Schlüsselfaktor. Dabei waren ganz spezifische Wissensbestände etwa zu Material und Windbedingungen die Grundlage des Wandels entlang sicherheitsrelevanter Strukturen.

Ein sehr eindrückliches und offenkundiges Beispiel für eine Mitverhandlung von Sicherheitsaspekten findet sich in der zeitgenössischen Rezeption der Entwürfe der gigantischen sogenannten Höhenwindkraftwerke des Ingenieurs Hermann Honnef aus den 1930er- und 1940er-Jahren, die der Technik- und Umwelthistoriker Matthias Heymann Anfang der 1990er-Jahre quellengesättigt aufgearbeitet hat.⁶ Bis zu 500 Meter hohe Kraftwerke mit drei oder fünf gegenläufigen Rotoren von bis zu 160 Metern Durchmesser und einer projektierten Leistung von 20 Megawatt erregten zunächst viel Aufmerksamkeit, die dem zeittypischen technischen Fortschrittsoptimismus entsprach. In der zeitgenössischen fachwissenschaftlichen Auseinandersetzung und bei Entscheidungsträgern in den Reichsministerien begründeten allerdings nicht zuletzt Gesichtspunkte der Sicherheit, Haltbarkeit und Umsetzbarkeit die Skepsis (und damit auch die Zurückhaltung von Forschungskapazitäten), nachdem die erste Faszination über die Entwürfe verflogen war. Während Honnef von «vollkommen betriebssicher» auch im Vergleich zu anderen stromproduzierenden Anlagen sprach, mehrten sich die Bedenken mit Blick auf das Konstruktionsmaterial, das Gewicht und die hohen statischen Beanspruchungen durch den Wind und die Witterungsbedingungen in höheren Luftschichten.⁷ Das Projekt sei «völlig



1 Entwurfszeichnung eines Höhenwindkraftwerks von Hermann Honnef, 1930er-Jahre.

undurchführbar», «die grossen Gewichte und Windlasten seien unüberschaubar [...]».⁸ Vertreter des Reichswirtschaftsministeriums konstatierten, dass «10 000 Windräder in vernünftiger Höhe jedenfalls sicherer, zweckmässiger, leichter zu bauen [und] ungefährdeter [sein] als einige Riesenwindräder [...]».⁹ Damit adressierten sie sowohl die Sicherheit der Anlagen im Sinne der Haltbarkeit als auch die Sicherheit im Umgang mit den Anlagen.

Eine neue Lektüre dieser Quellen hätte vermutlich das Potenzial, Ansprüche und Prozesse technischer Sicherheit in den 1930er-Jahren noch expliziter analysieren zu können. Als ein erster Befund lässt sich anhand dieses Beispiels jedoch sagen, dass Sicherheitsansprüche an technisch Bekanntes geknüpft waren und unter anderem dann in den Vordergrund rückten, wenn der Raum erfahrungsbasierter Praktiken etwa durch Überskalierung oder durch wissenschaftlich nicht abgesicherte konstruktive Planungen verlassen wurde.

Um sich konkreter der Rolle von Sicherheit in der Windenergienutzung im 20. Jahrhundert zu nähern, werden folgend zunächst diskursive Sicherheitsansprüche in den Blick genommen.

Narrative der Sicherheit

Um 1900 entwickelten vor allem Ingenieure und Ökonomen sowie daran anschliessend auch Wissenschaftsjournalisten Fortschritts- oder Niedergangsszenarien für die Windenergienutzung, die eng an Sicherheitsansprüche gekoppelt waren. Beiden Einschätzungen lag die Möglichkeit beziehungsweise Notwendigkeit der Naturregulierung und das Selbstverständnis der technischen Beherrschbarkeit von Natur zugrunde. Lediglich die Schlüsse, die daraus gezogen wurden, waren gegensätzliche. Während die Fortschrittsoptimisten an eine Lösbarkeit der technischen Herausforderungen glaubten, negierten andere diese von vornherein.¹⁰

Während die Fortschrittsoptimisten an eine Lösbarkeit der technischen Herausforderungen glaubten, negierten andere diese von vornherein.

Bei Ersteren prägte eine schon beinahe moralische Verpflichtung zur Naturbeherrschung durch Technik,

Der „Adler“-Dynamo-Propeller versorgt kostenlos und automatisch Villen, Landhäuser, Farmen und dergl. mit elektrischem Licht und elektrischer Kraft. Ohne besondere Wartung arbeitet dieses kleine Elektrizitätswerk Tag und Nacht störungslos. Es spendet Licht für Wohnräume und Stallungen, sowie Kraft für kleine Maschinen, z. B. Pumpen, Waschmaschinen, Milchzentrifugen und Strom für Plättisen, Heizapparate und sonstige Haushaltungs- und Küchenmaschinen.

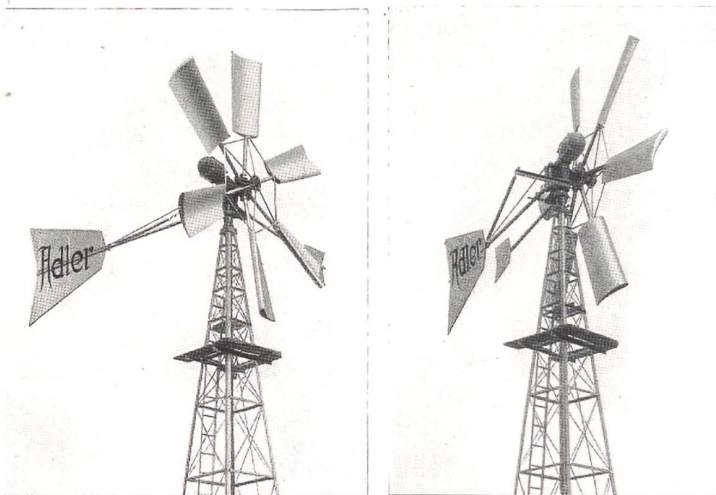


Bild 2.

Bild 3.

Bild 2 zeigt den „Adler“-Dynamopropeller in Arbeitsstellung, Bild 3 in Ruhestellung. Bei bereits bestehenden kleinen Elektrizitätswerken kann durch Aufstellung eines Dynamo-Propellers „Adler“ der Betrieb sehr vereinfacht und verbilligt werden.

Der Dynamo-Propeller ist eine 6-flügelige Mühle, welche auf einem feuerverzinkten Stahlturne montiert wird. Eine Lade-Dynamo in vollständig gekapselter Ausführung wird über ein Getriebe direkt mit der Achse dieser Mühle gekuppelt. Das Getriebe läuft im Ölbad. Sämtliche Wellen des Getriebes sowohl wie die der Dynamo laufen spielend leicht auf Präzisionsrollen- und Kugellagern.

Die Flügel des Propellers haben den bekannten stromlinienförmigen Querschnitt, ähnlich wie die Tragflächen der Flugzeuge. Sie sind aus Stahlblech, hohl und vollkommen feuerverzinkt.

im konkreten Fall zur Beherrschung der Windströme, die Diskurse. Die zugrundeliegende Vorstellung war es, widerständige Naturbedingungen durch technisierte Praktiken zu überwinden und in regulierte und nutzbare Bahnen zu lenken.¹¹ Die Maschinenfabrik und Eisengießerei Friedrich Köster,¹² die sich selbst als älteste und grösste Windmotorenfabrik Deutschlands bezeichnete, warb bis circa 1930 für ihre Windmotoren mit einem Spruch, der dieses Selbstverständnis sehr eindrücklich veranschaulicht: «Nicht die Werke der Menschen zu stürzen, brausen die Stürme durchs Land, die gewaltigen Kräfte zu nützen, gab uns Gott den Verstand.»¹³ Diese Sichtweise teilte beispielsweise auch der französische Wissenschaftsjournalist André Debaste, der 1949 in der Tageszeitung *Ce Soir* schrieb: «Der Wind, der Schornsteine umkippen lässt, kann besser elektrische Energie erzeugen.»¹⁴

Im Kontext der Brennstoffkrisen galt die Ressource Wind als kostenlos, frei verfügbar, technisch seit Langem entschlüsselt und unerschöpflich.

Der technische Fortschrittsoptimismus transportierte damit auch ein Sicherheitsversprechen, indem er suggerierte, dass die berechenbare Technik die Unberechenbarkeit der Natur überwinden könne. Die beiden obigen und weitere ähnliche Zitate postulieren, dass die Divergenz zwischen der Windenergienutzung und der zerstörerischen Kraft des Windes durch eine geordnete Nutzung zu überwinden sei. Diese Denkweise orientierte sich augenscheinlich an Bedingungen und Möglichkeiten der Wasserkraftnutzung und der Regulierung von Wasserströmen, was in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts durchaus üblich war und eine eigene Betrachtung lohnte. Während gleichzeitig in konkreten Anwendungskontexten vor allem die automatische Windnachführung oder der Überhitzungs- und damit der Brandschutz dominierten, waren die Sicherheitsbezüge in den Diskursen um 1900 folglich eher unscharf auf eine übergreifende Idee von Naturbeherrschung gerichtet.

Im Kontext der Brennstoffkrisen dominierten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Zuschreibungen an die Ressource Wind als kostenlos, frei verfügbar, technisch seit Langem entschlüsselt und unerschöpflich. Dies knüpfte an ein Selbstverständnis der ubiquitären Verfügbarkeit von Energie als neues Paradigma, und damit an eine potenziell herstellbare Versorgungssicherheit an. Darüber hinaus legten diese Zuschreibungen das Bewusstsein um die Endlichkeit fossiler Ressourcen und die damit verbundenen Problemkonstellationen in einer Gesellschaft mit steigendem Energiebedarf offen. Insbesondere in den Kriegs- und Krisenzeiten des 20. Jahrhunderts festigten Akteure innerhalb je spezifischer Teilöffentlich-

keiten wiederholt diese Verbindung zwischen einer Verknappung fossiler Rohstoffe und unerschöpflichen Windvorräten. Man müsse doch wohl meinen, dass die Windenergie ausgiebig genutzt würde, da sie doch überall zur Verfügung stünde, las man etwa 1903 in der populärwissenschaftlichen Zeitschrift *Prometheus*, ganz ähnlich wie 1925 in *Le petit inventeur*, wo ein Autor bemängelte, dass man über die Verknappung an Kohle klage, die teuer gewonnen und über grosse Distanzen transportiert werden müsse, gleichzeitig aber die Windenergie, die lokal im Überfluss vorhanden sei, nicht ausreichend nutze.¹⁵ Zahlreiche weitere Beispiele wären zu nennen. Diskursiv verknüpften also unterschiedliche Akteure die vermeintlich im Überfluss vorhandene Windenergie immer wieder mit einem Zukunftsversprechen der Versorgungssicherheit, das aufgrund soziotechnischer Bedingungen – wie wir wissen – so nicht erfüllt wurde.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wandelte sich dieses Bild und es fand eine Ökologisierung der Windenergie statt. Die Ölkrisen der 1970er-Jahre und die damit verbundenen Verknappungsängste wirkten dabei wie ein zusätzlicher Katalysator. Umweltaktivistische Akteursgruppen, die in sich sehr heterogen zusammengesetzt waren, verschoben die Sicherheitsansprüche an das deutsche Energiesystem als Ganzes in Richtung umweltrelevanter Sicherheitsaspekte, insbesondere in Abgrenzung zur Kernenergienutzung. «Angesichts der drohenden und bereits eingetretenen Katastrophen in Atomkraftwerken, mit unübersehbaren Folgen für jeden von uns, ist die Windenergie eine wirklich saubere Energiequelle mit überschaubarem Gefahrenpotential!», konstatierten etwa die Herausgeber einer Sammlung von Selbstbauanlagen in Deutschland 1987.¹⁶ Während die Atomkraft insbesondere in Deutschland als sehr risikobehaftet wahrgenommen wurde, konstruierten Ingenieure, Lehrkräfte, Umweltaktivisten, Landwirte und Bastler die Windenergie als nachhaltige und sichere Form der Energiegewinnung im Sinne der Beherrschbarkeit damit einhergehender Risiken für Mensch und Umwelt. Der Fokus des Beherrschbarkeitsdiskurses verschob sich damit gewissermassen von einer zu beherrschenden Natur zu einer Beherrschbarkeit der Technik. So argumentierten die Akteure auch gegen grosstechnische Windenergieanlagen «mit komplizierter, möglicherweise am Ende doch nicht mehr beherrschbarer Technik».¹⁷

Der Beherrschbarkeitsdiskurs verschob sich von einer zu beherrschenden Natur zu einer Beherrschbarkeit der Technik.

Zusammenfassend lässt sich in diesem groben Überblick feststellen, dass die Bezüge, in denen diskursive Sicherheitsansprüche hergestellt wurden, sich im Laufe des 20. Jahrhunderts entlang der Krisenkonstellationen von

Kriegen einerseits und ökologischen Krisen andererseits wandelten. Institutionalisierungen, Kontrollgremien oder staatliche Regelungsfunktionen entfalteten erst zum Ende dieses Zeitraums hin eine grösser werdende Wirkmacht. Allgemein gehaltene Sicherheitsdiskurse verblieben bis in die 1970er-Jahre hinein in Fachkreisen.

Praktiken der Sicherheit

Praktiken der Sicherheit in einer nutzerorientierten Perspektive richten den Fokus auf ganz andere Notwendigkeiten und Problemlagen. Hier ging es um konkrete Anwendungskontexte, um konkrete technische Systeme und um konkretes technisches Handeln. Hier wurden Risiken beziehungsweise Räume der Gefahrenvermeidung beispielsweise durch die Verwendung bestimmter Materialien, in routinisierten Arbeitspraktiken, im Zusammenhang mit Standortfragen oder auch bei der Grössenskalierung von Anlagen adressiert. Die spezifischen Rahmenbedingungen ebenso wie die Wechselwirkungen zwischen Ressourcenbedingungen und Effizienzzielen waren dabei von entscheidender Bedeutung, denn mit immer grösser werdenden Anlagen erweiterte sich die Komplexität der Sicherheitsfragen, was sich besonders bei der Materialnutzung und den Arbeitsroutinen nachweisen lässt.

In der Energienutzung sind Sicherheitspraktiken nicht zuletzt direkt mit der Haltbarkeit der technischen Energieerzeugungsanlagen und Infrastrukturen verknüpft. In besonderer Weise ist das bei der Windenergienutzung zu beobachten. Denn hier stellt die Ressource selbst oft die grösste Bedrohung und das grösste Sicherheitsrisiko dar – für das technische Artefakt ebenso wie für die Betreibenden. Das sollte sich auch bis zum Ende des 20. Jahrhunderts nicht ändern, als unter anderem immer noch durch die «Gewalt des Windes» Windkraftanlagen durch «heissgelaufene Bremse[n] in Brand geriete[n]». ¹⁸

Um 1900 lässt sich eine zeittypische Verschiebung der genutzten konstruktiven Materialien und ihrer symbolischen Zuschreibungen feststellen. Eisen und Stahl etwa, ebenso wie die Praktiken ihrer Haltbarmachung durch Feuerverzinkung, Galvanisierung oder Ölfarbenkonservierung galten als modern. Dabei wurden diese «neuen» Materialien in Abgrenzung zum «alten» Rohstoff Holz diskursiv als stabiler, witterungsbeständiger, länger haltbar und in der Folge auch als sicherer konstruiert. ¹⁹ So sollten Materialabnutzungen und sogenannte Sollbruchstellen, die nicht nur den Stillstand der Anlagen, sondern auch eine Gefahr für die Umgebung bedeuteten, verhindert werden. Die Maschinenfabriken bewarben die neuen Materialien als besonders sturmsicher sowie wartungsärmer als hölzerne Anlagen. Im handwerklichen Kontext nutzten die Anlagenbauer die neuen Materialien oftmals zunächst nur für ganz bestimmte Bauteile, die besonders widerstandsfähig gegenüber Bränden verursachender Reibung oder dem Wind sein mussten. In der Anwendung

brachten die neuen Materialien neben Schwierigkeiten bei der Materialbeschaffung und der Reparierbarkeit allerdings auch sicherheitsrelevante Nachteile mit sich. ²⁰ Die Windenergieanlagen wurden schwerer, was statische Instabilitäten zur Folge hatte, die bis in die Jahrhundertmitte nur bis zu bestimmten Grössen und Höhen gelöst werden konnten. Biegekräfte als Zusammenspiel von Ressource, Skalierung und Material entschieden über die umsetzbare Grösse der Anlagen. Das Wissen darum musste allerdings zunächst gewonnen und angeeignet werden. Die Übergänge von Holz zu Eisen und Stahl und in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu Aluminium und glasfaserverstärkten Kunststoffen gingen zwar jeweils mit einer perspektivisch verbesserten Haltbarkeit, aber auch mit einer Skalierung der Anlagen und dadurch notwendigen Sicherheitsanpassungen einher, die nicht zuletzt auch Arbeitsroutinen betrafen.

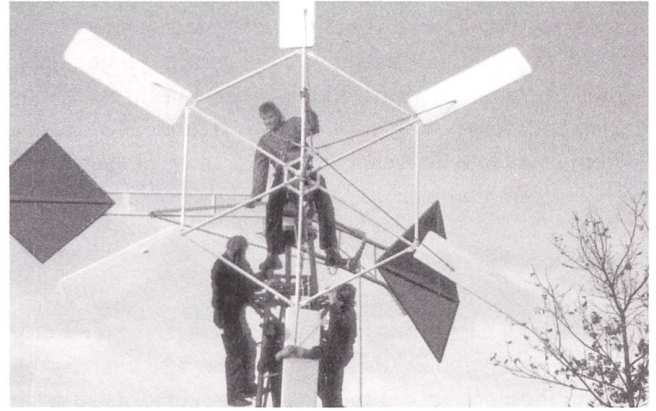
Die Arbeitspraktiken an Windenergieanlagen waren und sind bis heute eng an körperlich-physische Bedingungen und nicht zuletzt an den Umgang mit steigenden Höhen geknüpft. Sowohl Instandhaltungen, Wartungen und Reparaturen als auch ein Teil des Betriebs an sich fand an den Aussenfassaden der Anlagen statt. Ein französischer Windanlagenbetreiber schrieb im *Journal de la Meunerie* zu Beginn des 20. Jahrhunderts etwa, dass das Segelsetzen lange Zeit brauche, und die ausführende Person sich durch den Wind grossen Gefahren aussetze. ²¹ Denn Eingriffe waren häufig gerade dann notwendig, wenn der Wind stärker oder sogar zu stark wurde für die Anlage. Die körperlichen Anforderungen zum Betrieb von Anlagen mit und ohne selbsttätige Regulierung waren demnach sehr hoch und Praktiken der technischen Gefahrenabsicherung wie etwa Fallschutztechniken auch schon in den *traditionellen* Windmühlenbetrieben elementar. Gleichzeitig etablierten sich Unfallversicherungen nicht zuletzt auch in Betrieben der Windenergienutzung, die auf eine zunehmend institutionalisierte, bislang wenig untersuchte Gefahrenabsicherung verweisen. ²²

Im 20. Jahrhundert wurden Sicherheitstechniken sukzessive ausgebaut. Die stählernen Türme von Windrädern bekamen speziell gesicherte Leitern und Plattformen, um Wartungen und Reparaturen an den Rotoren mit grösserer Sicherheit umsetzen zu können. Mit Rückschutz an den Leitern oder Geländerkonstruktionen mit Handgriffen reagierte man auf die Unfallgefahr. Auf derlei Sicherheitseinrichtungen achteten insbesondere die Betreibenden selbst, da sie unmittelbar gefährdet waren, wenn sie bei stürmischen Wetterlagen in den Ablauf des technischen Systems eingreifen mussten.

Um einerseits die Effizienz der Anlagen zu steigern und andererseits die Sicherheit zu erhöhen, etablierten sich darüber hinaus Regulierungstechniken, also mechanische, später zum Teil elektrische Einrichtungen, die das In-den- und das Aus-dem-Wind-Drehen übernahmen. Diese Regulierungstechniken reduzierten sowohl die körperlichen Gefahren der Betreiber als auch die Gefahr der Zer-



3 Die Fotografie zeigt den französischen Windmühlenbetreiber Marius Bonnet beim Auslegen der Segel 1961. Das Bild verschafft einen Eindruck davon, welche Gefahren der manuelle Betrieb insbesondere bei stürmischem Wetter barg.



4 Gemeinschaftsarbeit am Anlagenkonzept «KUKATE», Anfang der 1980er-Jahre.

störung der technischen Systeme selbst, die sich bei zu grossen Windgeschwindigkeiten automatisch aus dem Wind drehten. Betreiber empfahlen in den Frage- und Antwortspalten der anwendungsorientierten Fachzeitschriften, derartige technische Anpassungen trotz initial höherer Kosten vorzunehmen, ganz explizit auch, um die körperlichen Gefahren während des täglichen Betriebs zu reduzieren. Dadurch förderte der Sicherheitsgedanke die Distribution technischer Innovationen, wie der folgende Kommentar zeigt, der 1987 «entsprechende Sicherheitseinrichtungen» und darüber hinaus eine entsprechende Schutzkleidung dringend empfahl:²³ «Da es bereits Unfälle durch bewegte oder herabfallende Teile gegeben hat, empfehlen wir für Arbeiten an der Gondel unbedingt auch entsprechende Schutzkleidung mit Sicherheitsgurt und Kopfschutz (Sturzhelm), wie sie an industriellen Arbeitsplätzen vorgeschrieben sind.»²⁴

Innerhalb der Arbeitsroutinen blieb in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts das Ressourcenwissen von grosser Bedeutung für die Sicherheit. Standortspezifische Wind- und Witterungskenntnisse, dazu gehörten auch die häufig zu Bränden führenden Gewitter, und die frühzeitige Antizipation von auffrischendem und abflauendem Wind oder das Erkennen von Sturmfronten und gänzlich windstillen Tagen befähigten die Betreiber entsprechend zu reagieren, um keine Unfälle und technischen Störungen zu riskieren.²⁵

Sicherheitspraktiken im Selbstbau der 1970er- und 1980er-Jahre

Die 1970er- und 1980er-Jahre können als Jahrzehnte einer gegenläufigen Entwicklung der Windenergienutzung analysiert werden. Erstmals betrieben das deutsche Bundesministerium für Forschung und die Länderregierungen windbegünstigter Bundesländer in grösserem Massstab eine ernstzunehmende Forschungsförderung, wenngleich diese im Vergleich zu anderen Energiesektoren noch sehr gering war.²⁶ In den 1980er-Jahren führte MAN das erste geförderte Grossforschungsprojekt GROWIAN durch. Auch wenn es scheiterte, so konnten doch viele wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden, die in der Folge Einfluss auf Skalierungen und Materialentwicklungen hatten.²⁷ Darüber hinaus ging der erste kommerzielle deutsche Windpark in Schleswig-Holstein ans Netz.²⁸ Gleichzeitig entwickelte sich ab Mitte der 1970er-Jahre eine rege, sehr heterogene Selbstbauszene in Deutschland, die aus wirtschaftlichen und politischen Gründen Windkraftanlagen wie auch Solaranlagen entwarf und konstruierte. Nicht zuletzt Landwirte gehörten zu den ersten und engagiertesten Selbstbauern, aber auch Umweltgruppen oder pädagogische Fachkräfte, die den Schülerinnen und Schülern mit dem Bau von Anlagen mehr als nur technische Funktionsweisen vermitteln wollten. Dass diese Akteursgruppen einer grosstechnischen Windenergienutzung eher skeptisch gegenüber-

standen, worin sich die grundsätzliche Skepsis gegenüber der monopolartigen deutschen Energiewirtschaft zeigte, lässt sich in Selbstbauanleitungen nachweisen, die immer auch politisches Pamphlet waren. So bezeichnete die aktive Gruppe *Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie*, deren Arbeit in das heute noch existierende Energie- und Umweltzentrum am Deister e. V. überging, das GROWIAN-Projekt «als eine Abkürzung für Grössenwahn». Sie verwies nicht nur auf die technischen Probleme, die diese Skalierung mit sich bringen würde,²⁹ sondern auch auf personelle Verbindungen zur Energiewirtschaft, speziell zur Atomwirtschaft, die Risiko und Sicherheitsansprüche adressierten. So betonte sie, dass der ehemalige technische Leiter des Kernkraftwerks Brunsbüttel die Leitung des GROWIAN-Projekts übernommen habe, und schlussfolgerten daraus auch für die grosstechnische Windenergienutzung, dass «man sich Probleme in kaum mehr beherrschbaren Grössenordnungen [schaffe], um dann anschliessend die dadurch erst notwendig gewordenen immensen Ausgaben für die Sicherheitstechnologie als grossen Fortschritt für die Menschheit zu verkaufen».³⁰ Grosse Windkraftanlagen wurden damit von den Umweltgruppen in einem Atemzug mit Atomkraftwerken genannt und als Sicherheitsrisiko im Gegensatz zu kleinen oder mittelgrossen Anlagen konstruiert. Auf der diskursiven Ebene machte die Gruppe Sicherheit zu einem Umweltthema, untermauert durch Hinweise darauf, dass handwerkliche Windkraftanlagen von kleiner und mittlerer Grösse schadstofffrei zu betreiben seien.³¹

Grosse Windkraftanlagen wurden von den Umweltgruppen in einem Atemzug mit Atomkraftwerken genannt und als Sicherheitsrisiko konstruiert.

Die Selbstbauer waren in den allermeisten Fällen gleichzeitig die Betreiber ihrer eigenen Energieanlagen, nach Alvin Toffler sogenannte Prosumer, und hatten somit ein ureigenes Interesse an deren Sicherheit.³² Dass schlecht ausgeführte Sturmsicherungen oder schlecht verschweisste Teile eine Gefährdung für das eigene Leben und das Leben von Mitmenschen seien, liest man daher immer wieder im Zusammenhang mit der Besprechung der Konstruktion und des Materials von Windradflügeln oder automatischen Sturmsicherungen. Diese wurden in den 1970er-Jahren zu einem Standard und oft durch zwei bis drei unabhängig voneinander agierende Sicherheitssysteme mit separaten Energiequellen optimiert, in Ausnahmefällen kamen dabei sogar ausrangierte Bremsfallschirme aus Starfightern zum Einsatz.³³ Die Selbstbauer erklärten detailliert Grössenverhältnisse und Funktionsweisen, damit es nicht vorkomme, «dass plötzlich ein paar Flügel in Nachbars Garten land[eten]».³⁴

Die konstruktive Sicherheit einzelner Elemente der Selbstbauanlagen wurde dabei durch Trial-and-Error-Verfahren immer wieder neu getestet und angepasst. Der Selbstbau war eine relevante Praktik der Windenergietechnik.³⁵ So lösten die Tüftler beispielsweise mit festen Stangen abgestützte Türme und Masten, deren Zustand sich beim Umlegen als labil zeigte, vielfach durch Abspannseile ab.³⁶ Oder die selbstgebauten Rotorblätter wurden in Grösse, Form oder Material angepasst, wenn sich zeigte, dass Stabilität und Effizienz nicht gewährleistet waren.³⁷ Und auch die spezifischen Aufstellungsorte der Anlagen mit dem jeweils spezifischen Windangebot erforderten Anpassungen der Sicherheitseinrichtungen und das relevante Ressourcenwissen.³⁸ Das Wissen um spezifische, auch gescheiterte Versuche, stellten die Selbstbauer in der Regel im Sinne einer Wissensallmende der DIY-Community zur Verfügung.³⁹ Im Selbstbau waren Wissen und handwerkliche Fertigkeiten demzufolge in hohem Masse durch das Ziel eines sicheren Betriebs geprägt.

Die Tüftler selbst identifizierten Orkansicherheit, Notabschaltungen und ein Versagen der Hilfskraftanlagen als die sicherheitsrelevantesten Fehler, die passieren konnten.

Dem Selbstbau von Windkraftanlagen folgend differenzierten sich auch Sicherheitsansprüche in den Bauämtern der Regionen aus. Waren diese zunächst noch kaum institutionalisiert, stellten die Bundesländer Richtlinien mit einem wachsenden Portfolio an Sicherheitsnachweisen auf, die vor einer Baugenehmigung durch unabhängige Prüfbüros kontrolliert werden mussten – und dadurch nicht zuletzt zu einem Anstieg der Anlagenkosten führten. Standsicherheitsnachweise für die Türme wurden schnell zum Standard, aber auch Rotorlagerungen, Getriebe, Generatoren, Regulierungsmechanismen und Windfahnen unterlagen seit den 1980er-Jahren besonderen Prüfrichtlinien, die in speziell entworfenen Prüfständen ebenso getestet wurden wie Schwingungssicherheit und Funktionalität der Sicherheitseinrichtungen.⁴⁰ Darüber hinaus mussten die Selbstbauer den Bauämtern beispielsweise an die Böden angepasste Fundamentberechnungen vorlegen.⁴¹

Die Tüftler selbst identifizierten Orkansicherheit, Notabschaltungen und ein Versagen der Hilfskraftanlagen als die sicherheitsrelevantesten Fehler, die passieren konnten. Interessanterweise wird das sogenannte menschliche Versagen in diesem Zusammenhang nur insofern thematisiert, als dass die erfahrenen Selbstbauer Neulinge darauf hinwiesen, dass die Windkraftanlagen keine Spielzeuge seien. Die eigene technische Kompetenz stellten sie dabei nicht infrage. Im Gegenteil, die Behauptung, «dass es sonst keine technische Maschine [gäbe], die derart extremen Belastun-

gen ausgesetzt [sei]», unterstrich die technische Expertise der eigenen Community.⁴²

Im Gegensatz zu der Relevanz von Sicherheitsansprüchen innerhalb anwendungsbezogener Praktiken wurde diese in der technischen Fachliteratur fast ausschliesslich mit Blick auf den Erhalt des technischen Systems vor dem Hintergrund «belastungsbezogener Kriterien» angesprochen.⁴³ Damit waren unter anderem Flieg- und Biegekräfte, die zu Bruch führen konnten, angesprochen. Sicherheit im Sinne von Arbeitsschutz spielte etwa in Jens Peter Mollys «Windenergie in Theorie und Praxis» von 1978 und anderen wissenschaftlichen Lehrbüchern und Werken dieser Zeit noch keine Rolle.⁴⁴

Fazit

Wie hier gezeigt, eröffnet Sicherheit als Leitbegriff die Möglichkeit, windenergie-technischen Wandel aus verschiedenen Perspektiven zu beleuchten und Erkenntnisse darüber zu erlangen, inwiefern Sicherheit eine treibende oder auch nachfolgende Kraft für technischen Wandel sein kann. Besonders zeitgeschichtlich eröffnen sich hier spannende Perspektiven, wenn man etwa auf den Transport riesiger Rotorblätter oder die weitere Ausdifferenzierung der Arbeitsschutzbedingungen und Prüfvorschriften schaut. Letztere sind erst im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts in feste Regularien gegossen worden. Bis dahin – und bei den Selbstbauern darüber hinaus – lag das Interesse für Sicherheit im Wesentlichen bei den Betreibern kleiner bis mittelgrosser Anlagen, die ihre eigene Arbeitssicherheit in einem technischen Sinne gewährleistet wissen wollten und diese auch versicherten. Für das 20. Jahrhundert lässt sich ausserdem feststellen, dass sich Sicherheitsanforderungen im Wechselspiel zwischen Effizienzsteigerung und Ressourcenbedingungen erhöht und diversifiziert haben. Eine Vergrösserung der Anlagen zum Zweck der Effizienzsteigerung führte dazu, dass sowohl das technische System als auch das technische Handeln dem wechselnden Einfluss der Ressource Wind in höherem Mass ausgesetzt war, was jeweils neue Sicherheitsfragen nach sich zog. Während die Diskurse in spezifischen Teilöffentlichkeiten auf die Idee einer Beherrschbarkeit von Natur und Technik sowie auf Aspekte der Versorgungssicherheit abzielten, zeigten konkrete Nutzungsbedingungen, dass Sicherheit noch weitgehend ein Problem der Betreiber selbst war. Das änderte sich erst zum Ende des 20. Jahrhunderts mit einer quantitativ gestiegenen Nutzung der Windenergie und der damit einhergehenden Festschreibung von Vorschriften.

Eingangs wurde die Frage aufgeworfen, ob Sicherheit in den verschiedenen angerissenen Facetten als Motor für technischen Wandel identifiziert werden kann. Das Fallbeispiel der Windenergienutzung spricht für diese These, wenngleich die hier aufgemachten Stränge noch einer eingehenderen Analyse unterzogen werden müssten. Besonders hervorzuheben sind dabei die Verbreitung

sicherheitsrelevanter Wissensbestände und Techniken, der Einfluss anwendungsbezogener Tüftelei mit einhergehender Selbstnutzung und die darauf folgende Institutionalisierung von Prüfreregularien. Sicherheit als Leitbegriff einer nutzerorientierten Technikgeschichtsschreibung verweist somit auf bislang wenig beachtete Dimensionen der Windenergienutzung.

Zur Autorin

Nicole Hesse, Dr.



Nicole Hesse schloss 2023 ihre Promotion zur Geschichte der Windenergienutzung an der TU Darmstadt ab. Seit 2022 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Department für Geschichte des Karlsruher Instituts für Technologie und forscht an einer technik- und umwelthistorischen Geschichte der Sparsamkeit. 2016 bis 2022 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für die Wirkungsgeschichte der Technik an der Universität Stuttgart und als Schriftleitung verantwortlich für die Fachzeitschrift *TECHNIKGESCHICHTE*. Im Rahmen eines Stipendiums des DFG-Graduiertenkollegs «Topologie der Technik» (1343) an der TU Darmstadt 2013 bis 2016 forschte sie ausserdem in Frankreich. Seit 2014 ist sie unter anderem in der Gesellschaft für Technikgeschichte aktiv. Nicole Hesse studierte Geschichte und Germanistik an der TU Darmstadt und leitete von 2007 bis 2013 ein Projekt zur Sprachförderung.

Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland
nicole.hesse@kit.edu



Verwandter Artikel im Ferrum-Archiv:
«Gleichzeitigkeit des Ungleich(zeitigen):
Wissensformen der (Klein)wasserkraft
im 19. und frühen 20. Jahrhundert»
von Christian Zumbrägel in *Ferrum* 86/2014

Anmerkungen

- 1 Die in diesem Beitrag angesprochenen Akteursgruppen sind stark männlich dominiert, sodass im Folgenden immer das generische Maskulinum genutzt wird. Die wenigen Frauen, die sich in dieser Szene tummelten, sind dabei mit angesprochen, erhalten mangels Quellenlage jedoch keine eigene Diskussion.
- 2 Nicole Hesse, *Ungleichzeitigkeiten der Windenergienutzung. Narrative, Wissen, Praktiken in Deutschland und Frankreich seit 1876* (unveröffentlichtes Manuskript), Darmstadt 2023.
- 3 Hermann Lübke, *Der Lebenssinn der Industriegesellschaft. Über die moralische Verfassung der wissenschaftlich-technischen Zivilisation*, Berlin/Heidelberg 1990, S. 82 ff.
- 4 Ulrich Beck, *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Berlin 1986.
- 5 Hesse (wie Anm. 2), Kap. Energiehistorische Forschungen.
- 6 Matthias Heymann, *Die Geschichte der Windenergienutzung 1890–1990*, Frankfurt a. M., New York 1995, S. 159–260.
- 7 Ebd., S. 173 ff.
- 8 Ebd., S. 190, 194.
- 9 Ebd., S. 194.
- 10 Vgl. Adolf Decker, *Windkraft und Überlandkraft in der Landwirtschaft. Ein wirtschaftlicher Vergleich*. Dissertation, Giessen 1930; Walter Conrad, *Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Windkraft in Deutschland*, Frankfurt a. M. 1926.
- 11 David Blackbourn, *The Conquest of Nature. Water, Landscape, and the Making of Modern Germany*, London 2006.
- 12 Die mittelständische Maschinenfabrik und Giesserei Friedrich Köster GmbH & Co. KG existiert bis heute und fertigt auch noch Komponenten für Windenergieanlagen. Vgl. www.koester-heide.de/de/ (Stand 31.3.2024).

- 13 Das Zitat wurde von der Firma Köster aus Heide als Werbespruch in den Produktkatalogen und Werbeschriften für Windenergieanlagen genutzt: Prospekt «Dynamo Propeller Adler». Heide o. J., S. 2. Der technischen Entwicklung entsprechend ist dieser Katalog zwischen 1910 und 1930 gefertigt. In unsystematisch gesammelten Beständen des Schleswig-Holsteinischen Landwirtschaftsmuseums in Meldorf befinden sich unsortierte Teile der Unternehmensüberlieferung, wie auch dieser Prospekt. Andere Teile des Unternehmensbestands befinden sich im Landesarchiv Schleswig-Holstein in Schleswig.
- 14 André Debaste, Les centrales aéromotrices, in: *Ce Soir* 16.8.1949, S. 2.
- 15 Zitiert nach Hesse (wie Anm. 2), Kap. Fortschrittssemantiken und Rückständigkeitsnarrative.
- 16 Ulrich Stampa und Wolfgang Bredow, Die Windwerker. Selbstbau-Windkraftanlagen in Norddeutschland, Freiburg i. B. 1987, S. 8.
- 17 Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie (Hg.), Energie Selbst gemacht. Sonnenenergie, Windkraft, Biogas. Bauanleitungen, Bilder, Informationen, Erfahrungen, Springe-Eldagsen 1981, S. 139.
- 18 Stampa/Bredow (wie Anm. 16), S. 12.
- 19 Otto Stertz, Moderne Windturbinen, Leipzig 1912, S. 32; Anonymus, Maschinentechnik und Konstruktionslehre zur Zeit Wiebe's, in: *Polytechnisches Journal* 315 (1900), S. 34 ff., hier S. 34.
- 20 Hesse (wie Anm. 2), Kap. Technikwissenschaftliche Expertise.
- 21 S. T., Ecole de Meunerie et de Boulangerie. Deuxième Question. Etudes des moulins à vent, in: *Journal de la Meunerie* 17 (1899/1900), S. 123 ff., hier S. 124.
- 22 Sylvelyn Hähner-Rombach (Hg.), Geschichte der Prävention. Akteure, Praktiken, Instrumente, Stuttgart 2015.
- 23 Stampa/Bredow (wie Anm. 16), S. 15.
- 24 Ebd.
- 25 Hesse (wie Anm. 2), Kap. Praxiswissen.
- 26 Heymann (wie Anm. 6), S. 343–393.
- 27 Jörg Pulczynski, Die grosse Windenergieanlage GROWIAN. Eine Fallstudie, Kiel 1991. <http://hdl.handle.net/10419/161397> (Stand 31.3.2024); Frank Dittmann, Der Mega-Flop. In: *Kultur & Technik* 43 (3/2019), S. 50–55.
- 28 www.windenergiepark-westkueste.de/ (Stand 31.3.2024).
- 29 Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie (wie Anm. 17), S. 113.
- 30 Ebd., S. 115. Über das Thema dieses Beitrags hinaus scheint sich hier ein interessanter Erklärungsansatz für die Beteiligung von Umweltgruppen an Protesten gegen aktuelle Windenergieprojekte zu bieten.
- 31 Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie (wie Anm. 17), S. 115.
- 32 Alvin Toffler, Die dritte Welle, Zukunftschance. Perspektiven für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts, München 1983.
- 33 Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie (wie Anm. 17), S. 100, 116, 144.
- 34 Ebd., S. 137.
- 35 Ruth Oldenziel und Mikael Hård, Consumer, Tinkerers, Rebels. The People Who Shaped Europe. Introduction, Basingstoke 2013, S. 1–10; Arbeitsgemeinschaft Sanfte Energie (wie Anm. 17), S. 131.
- 36 Stampa/Bredow (wie Anm. 16), S. 8.
- 37 Ebd., S. 13.
- 38 Ebd., S. 26.
- 39 Reinhold Bauer, Gescheiterte Innovationen. Fehlschläge und technologischer Wandel, Frankfurt a. M. 2006.
- 40 Stampa/Bredow (wie Anm. 16), S. 50–53.
- 41 Ebd., S. 71.
- 42 Ebd., S. 7.
- 43 Jens Peter Molly, Windenergie in Theorie und Praxis. Grundlagen und Einsatz, Karlsruhe 1978, S. 76.
- 44 Ebd.

Bildnachweise

- 1 Hermann Honnef, Höhenwindkraftwerke, Wien 1939.
- 2 Friedrich Köster GmbH & Co. KG.
- 3 Auguste Armengaud/Claude Rivals, Moulins à vent et meuniers des pays d'Oc. Carbonne 1992, S. 48.
- 4 Horst Crome, Windenergie Praxis. Windkraftanlagen in handwerklicher Fertigung. Staufen 1987, Titelbild.



The Iron Library Scholar in Residence Program

The Iron Library, located in the former Clarissan convent Paradies, is an attractive place for focused research and creative writing. Each year the library makes it possible for several researchers to stay for an extended visit and intensively study its collections.

Welcome are innovative research proposals in the key thematic areas of the Iron Library and the Corporate Archives of Georg Fischer Ltd:

- History of metallurgy and materials science
- History of science and technology
- Industrial history and culture
- History of GF

We look forward to your application!

Further information at www.eisenbibliothek.ch

