

## Transkript ‚fossilfrei‘ Folge 44: Die Vermessung der Dunkelflaute

*Das Transkript wurde aufgrund der Länge mit einem KI-Tool erstellt und kann sprachliche sowie inhaltliche Ungenauigkeiten beinhalten. Es gilt daher das gesprochene Wort.*

00:00:00 Martin Kittel

Windkraft und Solarenergie sind wetterabhängig.

00:00:02 Martin Kittel

Der Wind weht, wann immer der Wind weht, die Sonne scheint, wann immer die Sonne scheint und deswegen kann es eben auch zu Perioden kommen, wo die Stromerzeugung aus diesen Technologien sehr, sehr gering ist.

00:00:16 Martin Kittel

Und genau diese Perioden, davon reden wir heute, das sind die infamen Dunkelflauten.

00:00:29 Wolf-Peter Schill

Hallo und ganz herzlich willkommen zu ‚fossilfrei‘.

00:00:32 Wolf-Peter Schill

Mein Name ist Wolf, ich forsche hier am DIW Berlin zur Energiewende und ich habe das große Glück, schon zum 44.

00:00:40 Wolf-Peter Schill

Mal hier vor dem Mikro von ‚fossilfrei‘ zu sitzen.

00:00:43 Wolf-Peter Schill

Wenn euch das auch nur ansatzweise so viel Spaß macht wie uns hier, dann gebt uns doch gerne ein Like oder ein Herzchen, wo auch immer ihr diesen Podcast hört oder lasst uns gerne auch ein Abo da oder erzählt es euren Freundinnen und Freunden, das würde uns freuen.

00:00:58 Wolf-Peter Schill

Heute bin ich aber wie immer nicht alleine hier, sondern ich habe meinen geschätzten Kollegen Martin Kittel da.

00:01:04 Wolf-Peter Schill

Martin, herzlich willkommen in ‚fossilfrei‘.

00:01:06 Martin Kittel

Hallo, schön wieder hier zu sein.

00:01:08 Wolf-Peter Schill

Martin, du bist Energieökonom und inzwischen Postdoc hier bei uns am DIW Berlin.

00:01:13 Wolf-Peter Schill

Seit 2019 bist du schon bei uns, da warst du erst Doktorand.

00:01:17 Wolf-Peter Schill

Seit letztem Jahr bist du Postdoc.

00:01:19 Wolf-Peter Schill

und wie du gerade gesagt hast, wieder hier zu sein, ich muss eigentlich sagen: Welcome back, erinnerst du dich an Folge 11?

00:01:23 Martin Kittel

Ich kann mich erinnern, ich saß in Melbourne vor dem Rechner und wir haben versucht, den Podcast auch mit aufzunehmen.

00:01:29 Wolf-Peter Schill

Ja, das hat auch geklappt, kann man auch immer noch Reinhören.

00:01:32 Wolf-Peter Schill

Damals ging es um die nationale Wasserstoffstrategie, für die es übrigens auch bald ein Update geben müsste, dann können wir vielleicht bald wieder sprechen.

00:01:38 Wolf-Peter Schill

Heute geht es um ein anderes Thema, das entfernt, aber auch mit Wasserstoff zu tun hat: Es geht um die Dunkelflaute.

00:01:47 Wolf-Peter Schill

Dunkelflaute ist ja so ein

00:01:49 Wolf-Peter Schill

für viele so ein bisschen so ein Reizwort und führt oft zu recht aufgeladenen Energiewende Debatten.

00:01:55 Wolf-Peter Schill

Wir wollen das heute mal ein bisschen nüchtern einordnen, was denn Dunkelflauten eigentlich sind und wie man sie misst und wie oft sie eigentlich auftreten.

00:02:04 Wolf-Peter Schill

Und dazu ist Martin bei uns eben der ideale Gast, denn du Martin hast dich schon in deiner Doktorarbeit und jetzt auch darüber hinaus recht intensiv mit dem Thema beschäftigt.

00:02:12 Martin Kittel

Genau.

00:02:13 Wolf-Peter Schill

Und dabei sind auch verschiedene Papiere entstanden, die du geschrieben hast.

00:02:18 Wolf-Peter Schill

Ich war auch ein Stück weit beteiligt und deswegen vielleicht so als kleiner Disclaimer, also wir reden hier sozusagen über unsere eigene Forschung heute und wollen die euch so ein bisschen vorstellen.

00:02:29 Wolf-Peter Schill

Also Martin, dann springen wir doch direkt mal rein.

00:02:31 Wolf-Peter Schill

Was ist denn eigentlich eine Dunkelflaute und warum sollten wir uns überhaupt dafür interessieren?

00:02:36 Wolf-Peter Schill

Warum ist das relevant?

00:02:37 Martin Kittel

Gerne, um die Frage zu beantworten, würde ich vielleicht noch mal ganz vorne anfangen wollen, nämlich bei der Energiewende.

00:02:44 Martin Kittel

Was heißt denn Energiewende?

00:02:45 Martin Kittel

Energiewende bedeutet, dass wir

00:02:47 Martin Kittel

fossile Energieträger mit erneuerbaren Energien ersetzen wollen.

00:02:52 Martin Kittel

Im Stromsektor können wir die erneuerbaren Energien quasi für die Stromherstellung nutzen und dann wollen wir nicht nur den Stromsektor damit dekarbonisieren, sondern

eben auch noch andere Verbrauchssektoren wie Verkehr, Industrie oder auch die die Raumwärmebereitstellung.

00:03:07 Wolf-Peter Schill

Und da hab ich vielleicht direkt einhaken, da haben wir letzte Folge, Folge 43 total intensiv mit Robert Pitzger drüber gesprochen, dass das

00:03:15 Wolf-Peter Schill

nicht nur in Deutschland, sondern auch europaweit sozusagen die wesentliche Strategie ist, nicht nur erneuerbaren Strom zu erzeugen, sondern ihn dann im Zuge der Sektorenkopplung oder Elektrifizierung auch in den ganzen anderen Sektoren zu nutzen.

00:03:26 Wolf-Peter Schill

Da vielleicht kleine Hörempfehlung am Rande.

00:03:28 Martin Kittel

Genau, das bedeutet aber, dass wir quasi für die Dekarbonisierung des gesamten Energiesystems sehr viel erneuerbaren Strom benötigen und die Ausbaupotenziale für steuerbare erneuerbare Technologien, wie zum Beispiel die Wasserkraft oder eben auch

00:03:43 Martin Kittel

Bioenergie, ja, Biomasseverbrennung, Biogasverbrennung.

00:03:46 Martin Kittel

Diese Ausbaupotenziale sind einfach begrenzt.

00:03:49 Martin Kittel

Das bedeutet dann auch, dass wir quasi andere Technologien brauchen, die in was das Ausbaupotenzial angeht, nicht so begrenzt sind.

00:03:56 Martin Kittel

Und da landen wir dann bei der Windkraft und bei der Solarenergie, die.

00:04:01 Martin Kittel

Weil sie eben stark ausgebaut werden können, die tragenden Säulen des zukünftigen Energiesystems darstellen.

00:04:08 Martin Kittel

Und hier kommen wir jetzt quasi auch zu dem Knackpunkt an der ganzen Sache.

00:04:12 Martin Kittel

Windkraft und Solarenergie sind wetterabhängig.

00:04:14 Martin Kittel

Der Wind weht, wann immer der Wind weht, die Sonne scheint, wann immer die Sonne scheint.

00:04:19 Martin Kittel

Und deswegen kann es eben auch zu Perioden kommen, wo die Stromerzeugung aus diesen Technologien sehr, sehr gering ist.

00:04:28 Martin Kittel

Und genau diese Perioden,

00:04:30 Martin Kittel

davon reden wir heute, das sind die Infamous, das sind die Dunkelflauten.

00:04:35 Wolf-Peter Schill

Genau und damit muss man eben sozusagen künftig in so einem Energiesystem umgehen können.

00:04:41 Wolf-Peter Schill

Da jetzt aber nur so ein bisschen zur Abgrenzung, also heute wollen wir nicht darüber sprechen, was macht man denn, um mit den Dunkelflauten umzugehen.

00:04:48 Wolf-Peter Schill

Also da gibt es dann solche Dinge wie verschiedene Arten von Speicher oder Nachfrageflexibilität.

00:04:53 Wolf-Peter Schill

Dazu werden wir bald eine weitere Episode haben.

00:04:56 Wolf-Peter Schill

Heute wollen wir uns wirklich darauf konzentrieren,

00:04:59 Wolf-Peter Schill

was Dunkelflauten genau sind, wie man sie misst und wie häufig sie eigentlich auftreten.

00:05:04 Wolf-Peter Schill

Und damit sind wir eigentlich schon dann bei dem ersten der beiden Paper, über die wir hier sprechen wollen.

00:05:08 Wolf-Peter Schill

Wir verlinken das natürlich alles in den Shownotes.

00:05:10 Wolf-Peter Schill

Das ist ein Artikel, der schon 2024 veröffentlicht wurde mit dem tollen Titel Measuring für Dunkelflaute.

00:05:17 Wolf-Peter Schill

War Teil deiner Doktorarbeit, Martin.

00:05:19 Wolf-Peter Schill

Und da hast du dich dem Thema genähert.

00:05:22 Wolf-Peter Schill

Sag doch mal, warum ist es denn

00:05:24 Wolf-Peter Schill

überhaupt so schwierig und offensichtlich immer noch nicht allgemein sozusagen anerkannt, wie man eigentlich eine Dunkelflaute definiert und wie man sie misst.

00:05:31 Martin Kittel

Na ja, die zentrale methodische Herausforderung bei der Dunkelflautenanalyse ist eigentlich die Frage, wie gering muss die Stromerzeugung aus Windkraft und aus Solarenergie sein, damit es dann als Dunkelflaute zählt.

00:05:45 Martin Kittel

Also, wie wenig Stromerzeugung ist wenig genug, dass man sagt, das ist jetzt in irgendeiner Art kritisch für das Energiesystem.

00:05:52 Wolf-Peter Schill

Also, wie wenig und auch

00:05:54 Wolf-Peter Schill

wie lange, ne, also wie wenig ist so, da denken vielleicht viele Leute, na ja, wenn es halt keinen Strom gibt aus Windkraft und PV, aber keinen Strom, also wirklich gar keinen gibt es ja wirklich selten, sondern es gibt eben mal mehr und mal weniger und dieses Frage von wie wenig, wie lange, das ist so dieser, dieser schwierige, schwierig zu definierende Bereich.

00:06:13 Martin Kittel

Genau, und jetzt gibt es da verschiedene Indikatoren, die man sich anschauen kann, also zum einen, was du gerade gesagt hast, wie lange, also die Dauer von diesen Dunkelflauten, hält die Dunkelflaute jetzt

00:06:23 Martin Kittel

wenige Stunden an, vielleicht einige Tage oder im schlimmsten Falle dann auch mehrere Wochen.

00:06:29 Martin Kittel

Dann könnte man sagen, wie häufig treten solche Perioden auf.

00:06:32 Martin Kittel

Das heißt, man sagt dann gewisse Dunkelflauten mit einer bestimmten Länge, wie oft treten die jetzt durchschnittlich im Jahr auf.

00:06:40 Martin Kittel

Ja, wenn man jetzt zum Beispiel längere Zeitreihen über viele, viele Jahre untersucht, könnte man sagen, im Schnitt überall diese Jahre, wie oft treten dann diese Perioden mit einer bestimmten Dauer auf.

00:06:50 Martin Kittel

Und dann gibt es noch

00:06:52 Martin Kittel

die Schwere, das ist methodisch nicht so leicht zu erfassen.

00:06:57 Martin Kittel

Da gibt es dann ja verschiedene Ansätze und man könnte zum Beispiel über das Energiedefizit da gehen, dass man untersucht für eine Dunkelflaute, für eine gewisse Periode, wie hoch ist jetzt das Energiedefizit, also wie hoch ist jetzt der Abstand zwischen der zum Beispiel Stromnachfrage und dem Stromangebot über eine bestimmte Dauer?

00:07:17 Wolf-Peter Schill

O.

00:07:18 Wolf-Peter Schill

K., dann lass uns doch mal da so ein bisschen tiefer einsteigen,

00:07:20 Wolf-Peter Schill

Was sind denn so grundsätzlich verschiedene Optionen?

00:07:23 Wolf-Peter Schill

Wir haben ja damals so 3 verschiedene Möglichkeiten skizziert, wie man typischerweise solche Dunkelflauten analysieren kann oder wie das auch andere Leute schon in der Literatur gemacht haben.

00:07:34 Wolf-Peter Schill

Lass uns doch da mal durchgehen.

00:07:35 Martin Kittel

Da gibt es, wie du gerade schon erwähnt hast, 3 verschiedene Ansätze.

00:07:38 Martin Kittel

Man kann zum einen auf die reine Stromerzeugung schauen, das heißt, da untersucht man dann Zeitreihen von erneuerbaren Technologien.

00:07:47 Martin Kittel

Man kann zum anderen aber auch nicht nur auf die Stromerzeugung, sondern eben auf die Stromerzeugung im Verschnitt mit der Stromnachfrage schauen.

00:07:55 Martin Kittel

Das ist dann die sogenannte Residuallast.

00:07:57 Martin Kittel

Also die Residuallast stellt dar, es ist sozusagen die ganze Nachfrage, die nicht von erneuerbaren Energien abgedeckt werden kann.

00:08:06 Wolf-Peter Schill

Also das macht man, indem man das Angebot aus erneuerbaren Energien nimmt und dann abzieht, wie hoch die Stromnachfrage ist und das, was dann noch übrig bleibt, das ist dann die Residuallast.

00:08:16 Wolf-Peter Schill

Wenn die also noch

00:08:17 Wolf-Peter Schill

positiv ist, ist dass die noch zu deckende Stromnachfrage aus irgendwelchen anderen Technologien.

00:08:22 Martin Kittel

Und der dritte Ansatz, da könnte man dann zum Beispiel auf das Marktergebnis schauen, also auf Strommarktpreise, die sich als Ergebnis der Markträumung auf dem Großhandelsmarkt ergeben und da könnte man jetzt entweder quasi ex post schauen, also in der Rückschau, und man schaut sich reale Marktpreise an und

00:08:41 Martin Kittel

oder man versucht eben in der Vorausschau ex ante zu schauen und da kann man versuchen, diese Strommarktpreise, die zukünftigen Strommarktpreise mit Modellen zu modellieren.

00:08:50 Wolf-Peter Schill

Und dann ist immer, wenn es sozusagen der Preis sehr hoch ist, wenn es teuer ist, sagt man, ja, da könnte eine Dunkelflaute im Spiel sein.

00:08:55 Wolf-Peter Schill

OK, dann lass uns doch gleich mal tiefer einsteigen mit dieser ersten Variante, wo man auf das erneuerbaren Angebot oder die Stromerzeugung guckt, du hast gerade gesagt Stromerzeugung, man könnte vielleicht ein bisschen allgemeiner sagen Stromerzeugungsmöglichkeit, also wie viel

00:09:10 Wolf-Peter Schill

Wie viele, wie gut ist die Möglichkeit, Strom aus Wind und Solarenergie zu erzeugen?

00:09:15 Wolf-Peter Schill

Wie genau geht man da vor?

00:09:17 Wolf-Peter Schill

Was nehme ich da überhaupt für Daten und wie messe ich dann das, Martin?

00:09:21 Martin Kittel

Also, da kann man jetzt grundsätzlich entweder auf einzelne Technologien schauen, dass man zum Beispiel anschaut, OK, wie verhält es sich denn jetzt mit diesen Knappheitsperioden oder mit dieser geringen Stromerzeugung für zum Beispiel Solar PV in Deutschland?

00:09:35 Martin Kittel

oder man versucht ein Portfolio mit verschiedenen fluktuierenden erneuerbaren Technologien zu untersuchen.

00:09:40 Martin Kittel

Also ein Portfolio von P.

00:09:43 Martin Kittel

V.

00:09:43 Martin Kittel

Windkraft an Land und Windkraft auf See, die.

00:09:47 Wolf-Peter Schill

Wir ja auch in Möglichkeit haben, ne.

00:09:48 Martin Kittel

Genau, das sind dann die die Dunkelflauten, die sich quasi auch im Energiesystem einstellen, womit das Energiesystem umgehen muss.

00:09:54 Wolf-Peter Schill

Aber ich kann das rein akademisch auch für Einzeltechnologien mal durchexerzieren, das wäre möglich.

00:09:59 Martin Kittel

Und was man da machen kann, ist dass man

00:10:01 Martin Kittel

Zeitreihen mit dem Erzeugungspotential analysiert und diese Zeitreihen stellen quasi dar, zu jedem Zeitpunkt, wie viel kann jetzt diese Technologie oder dieses Technologieportfolio an Strom wirklich erzeugen.

00:10:14 Martin Kittel

Und jetzt kommen wir auch zum, ja, zu einem wesentlichen methodischen Knackpunkt bei der ganzen Analyse, nämlich der sogenannte Schwellenwert.

00:10:23 Martin Kittel

Dieser Schwellenwert definiert jetzt die Grenze, unter die diese Erzeugungszeitreihe fallen muss.

00:10:31 Martin Kittel

Damit man dann sagt: "Das ist jetzt eine Dunkelflaute."

00:10:35 Wolf-Peter Schill

Und warum nimmt man jetzt zum Beispiel nicht einfach Null?

00:10:37 Wolf-Peter Schill

Das wäre ja ganz einfach zu sagen: "Also wenn ich Null habe, dann habe ich Dunkelflauten."

00:10:42 Martin Kittel

Ja, wenn man Null nimmt, dann hat man quasi gar keine Erzeugung.

00:10:46 Martin Kittel

aus Wind und Solarenergie, aber das ist ja gar nicht das, was wir uns anschauen wollen, weil solche Perioden treten quasi nie auf.

00:10:53 Martin Kittel

Es scheint ja immer zumindest tagsüber ein wenig die Sonne und es weht auch immer ein klein wenig Wind.

00:10:59 Martin Kittel

Man versucht eher Schwellenwerte zu definieren, die quasi wirklich eine geringe Erzeugung von diesen Technologien darstellt.

00:11:08 Wolf-Peter Schill

Also Solarenergie hat schon typischerweise oft 0 ne nachts, aber die Windkraft halt nicht, vor allem nicht, wenn man in so einem größeren Stromverbund drauf guckt.

00:11:16 Wolf-Peter Schill

Und dann ist die Frage, wie genau definiere ich denn diesen Schwellenwert?

00:11:20 Wolf-Peter Schill

Also, wie setze ich den an?

00:11:21 Martin Kittel

Kommen wir wieder zu dieser Erzeugungszeitreihe zurück.

00:11:25 Martin Kittel

Nehmen wir an, wir haben da jetzt einfach Werte zwischen 0 und 1.

00:11:28 Martin Kittel

Ja, 0 heißt quasi gar keine Erzeugung.

00:11:30 Martin Kittel

1 heißt sehr, sehr viel Erzeugung, quasi so hoch wie die installierte Kapazität ist der einzelnen Technologien.

00:11:37 Martin Kittel

Und jetzt kann man verschiedene Schwellenwerte da hineinziehen, sagen wir mal zum Beispiel 0,1 oder 10%, Das heißt, die Erzeugung ist dann

00:11:45 Martin Kittel

in Höhe von 10% der installierten Leistung.

00:11:49 Martin Kittel

Und wenn man jetzt diese Zeitreihe untersucht und diesen Schwellenwert da hineinzieht, kann man dann nach Perioden suchen, die unterhalb von dieser 10% Schwelle liegen?

00:11:58 Wolf-Peter Schill

Mhm, und dann kann man sich schon vorstellen, dieser Schwellenwert, der ist natürlich wichtig für das, was man da rausfindet, nämlich wie lange diese Ereignisse sind und wie häufig sie auftreten, wenn ich jetzt 10% klingt irgendwie intuitiv, aber warum gerade 10?

00:12:11 Wolf-Peter Schill

Es könnten ja auch vielleicht 8 sein oder 12 oder vielleicht auch.

00:12:14 Martin Kittel

20 absolut und da liegt auch der absolute Knackpunkt bei der Dunkelflautenanalyse.

00:12:20 Martin Kittel

Welcher Schwellenwert ist denn jetzt grundsätzlich richtig?

00:12:22 Martin Kittel

Vielleicht kann man noch kurz versuchen, die Intuition hinter diesen Schwellenwerten darzustellen.

00:12:27 Martin Kittel

Wenn wir jetzt sehr, sehr geringe Schwellenwerte ansetzen, also nicht 10%, sondern beispielsweise 2%, 3%, 4%, 5%, dann findet man damit sehr, sehr kurze Dunkelflauten, die sehr, sehr selten auftreten, aber die davon gekennzeichnet sind, dass man wirklich

00:12:44 Martin Kittel

eine sehr geringe Stromerzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Technologien hat.

00:12:48 Martin Kittel

Wenn man jetzt den Schwellenwert dann ein wenig höher setzt auf ein moderates Niveau, sagen wir mal 10% oder vielleicht auch 15%, dann findet man längere Perioden, die auch häufiger auftreten.

00:13:02 Martin Kittel

Und wenn man dann den Schwellenwert sukzessive weiter erhöht, dann findet man grundsätzlich noch längere Perioden.

00:13:09 Martin Kittel

Die werden aber wieder weniger, weil

00:13:13 Martin Kittel

diese längeren Perioden, so ein bisschen die die Perioden, die zu moderatoren Schwellenwerten gefunden werden, kannibalisieren, also quasi zu einer Periode zusammenfassen.

00:13:23 Wolf-Peter Schill

Also man kann sich schon vorstellen, sehr, sehr niedrige Schwellenwerte machen eigentlich keinen Sinn, weil dann kriegt man nur ganz, ganz kurze Extremereignisse, aber auch solche mit etwas mehr erneuerbaren Verfügbarkeit, die wären ja auch von Interesse, also zu niedrig darf er nicht sein, zu hoch darf er auch nicht sein, sonst wird es irgendwann trivial, dann hab ich einfach

00:13:40 Wolf-Peter Schill

größten Teil des Jahres definitorische Dunkelflaute, das heißt, der muss irgendwo im richtigen Bereich liegen, der Schwellenwert.

00:13:46 Wolf-Peter Schill

Dann gibt es aber noch mehr, ich kann ja nicht nur gucken, ist die Zeitreihe dieser erneuerbaren Energien Verfügbarkeit oder sagen wir mal der Stromerzeugung, ist die gerade unter so einem Schwellenwert, sondern man kann es noch etwas raffinierter machen.

00:13:58 Wolf-Peter Schill

Willst du das kurz erklären?

00:14:00 Martin Kittel

Jetzt kommen wir quasi zu dem Algorithmus, wie man versucht, diese Dunkelflauten dann zu erfassen.

00:14:05 Martin Kittel

Man kann ja quasi nach Perioden suchen, wo sich diese

00:14:08 Martin Kittel

Zeitreihe, diese Verfügbarkeitszeitreihe, permanent unterhalb von dem Schwellenwert befindet.

00:14:13 Martin Kittel

Jetzt kann es aber eben auch passieren, dass es ganz kurze Perioden gibt, wo diese Zeitreihe mal über den Schwellenwert hüpft und danach aber sofort wieder darunter und dann hat man quasi davor und danach 2 längere Perioden, die jetzt an sich vom Konzept her miteinander verbunden sein sollten.

00:14:31 Martin Kittel

Ja, weil man hat ja immer noch in dieser ganzen Phase

00:14:34 Martin Kittel

eine sehr geringe Stromerzeugung aus den fluktuierenden Erneuerbaren.

00:14:38 Martin Kittel

Das heißt, man kann jetzt hier einen methodischen Kniff anwenden und diese Zeitreihe glätten mit dem gleitenden Durchschnitt und dadurch kann man quasi die Spitzen nach oben und nach unten ein wenig abschneiden und kann damit sozusagen diese kurzen Perioden, wo die Zeitreihe über den Schwellenwert hüpfte, etwas glätten und damit dann die längere Periode

00:15:01 Martin Kittel

erfassen, so wie man sich das eigentlich auch konzeptionell vorstellt.

00:15:04 Wolf-Peter Schill

Also vielleicht auch als Beispiel, wenn ich 20 Stunden lang unter dem Schwellenwert bin, hab also wenig Strom und dann hab ich eine Stunde, in der ich ein bisschen drüber bin und dann hab ich wieder 20 Stunden drunter, dann ist es aus Energiesystemsicht sinnvoller, sich mit diesen ganzen 40 Stunden zu beschäftigen oder vielleicht ja 41 Stunden und nicht nur mit diesen 20, Da gibt es auch so eine lustige Terminologie, also ob der Mittelwert unter dem unter diesem Schwellenwert ist oder

00:15:28 Wolf-Peter Schill

oder so ein oder eben in der jeweiligen Periode der Wert und dem Schwellenwert, das haben wir tatsächlich schon vor einigen Jahren in so einem anderen Paper mal definiert, das verlinken wir auch.

00:15:38 Wolf-Peter Schill

Das nennt sich dann Mean Below Threshold oder Continuously Below Threshold, das für die Nerds.

00:15:43 Wolf-Peter Schill

Aber jetzt sagen wir mal, das Ganze merkt man ja schon, wird relativ nerdig.

00:15:48 Wolf-Peter Schill

Ich glaube, wir können sagen, der Teufel liegt im Detail, das sind ja auch nicht die einzigen Parameter, die man da so wählen kann.

00:15:54 Wolf-Peter Schill

Da gibt es noch diverse andere Dinge, nämlich zum Beispiel

00:15:57 Wolf-Peter Schill

wie lange nehme ich diesen Mittelwert oder wie genau suche ich nach diesen nach diesen Perioden, die eben unterhalb diesem Schwellenwert liegen.

00:16:05 Wolf-Peter Schill

Wer sich damit näher beschäftigen will, dem empfehle ich deine Doktorarbeit oder eben einen Blick in die ganz spannende Lektüre.

00:16:11 Wolf-Peter Schill

Ja, unbedingt einen Blick in dieses verlinkte Measuring the Darkflaute Paper, da könnt ihr tiefer einsteigen.

00:16:17 Wolf-Peter Schill

Aber bevor wir zu viele von euch verlieren, lasst uns zu dieser zweiten grundsätzlichen Methode kommen.

00:16:23 Wolf-Peter Schill

Wir haben ja gesagt,

00:16:24 Wolf-Peter Schill

Residuallast, also ich nehme nicht nur das erneuerbare Stromangebot, sondern ich bringe es zusammen mit der Stromnachfrage und gucke dann, wenn ich vom Stromangebot die Stromnachfrage abziehe, wie viel ist noch übrig, also positive Residuallast, die sozusagen noch zu decken ist, und dann analysiere ich die.

00:16:42 Wolf-Peter Schill

Kannst du da uns kurz mitnehmen, wie das geht?

00:16:44 Martin Kittel

Man erstellt im Grunde genommen wieder eine Zeitreihe, die wie du gerade das

00:16:51 Martin Kittel

definiert hast, darstellt, haben wir quasi eine positive Residuallast.

00:16:54 Martin Kittel

Das heißt, das sind diese Perioden, wo man dann Strom aus anderen Technologien bereitstellen muss.

00:16:59 Martin Kittel

Oder haben wir eine negative Residuallast?

00:17:02 Martin Kittel

Das sind dann Perioden, wo wir quasi mehr Stromerzeugung als Stromnachfrage haben.

00:17:06 Martin Kittel

Das kann man einspeichern und dann zum Beispiel positive Residuallastevents damit wieder ausgleichen.

00:17:13 Martin Kittel

Und der große Vorteil an

00:17:15 Martin Kittel

Dieser Methode ist, dass sich der Schwellenwert eigentlich ergibt.

00:17:19 Martin Kittel

Der ist schon inhärent drin und liegt nämlich bei 0.

00:17:24 Martin Kittel

Wie gesagt, wir wollen ja quasi positive Residuallast-Events identifizieren, weil das sind die Events, wo andere Technologien einspringen müssen.

00:17:32 Wolf-Peter Schill

Da müssen wir vielleicht dazu sagen, heute haben wir die eigentlich dauernd, ne?

00:17:36 Wolf-Peter Schill

Also typischerweise in unserem heutigen Stromsystem haben wir eigentlich jeden Tag positive Residuallast.

00:17:41 Wolf-Peter Schill

Es ist heute noch selten, dass die erneuerbaren Energien unsere Stromnachfrage.

00:17:45 Wolf-Peter Schill

komplett decken.

00:17:46 Wolf-Peter Schill

Wir sind aber auch erst bei gut der Hälfte Erneuerbaren am am Stromsystem und etwas unter der Hälfte, wenn man nur Windkraft und PV nimmt.

00:17:55 Wolf-Peter Schill

Aber in Zukunft soll es ja weitgehend erneuerbar werden, deswegen kommen wir also in so eine Welt, in der die erneuerbaren Energien grundsätzlich im Durchschnitt die ganze

Stromnachfrage decken sollen und dann ist es natürlich etwas intuitiver, sich solche Perioden anzugucken mit einer dann noch verbleibenden

00:18:11 Wolf-Peter Schill

positiven Residuallast.

00:18:13 Martin Kittel

Dieses Jahr hatten wir in den zu den Feiertagen im Mai schon des Öfteren noch mal positive Residuallast, negative Entschuldigung, negative Residuallast Ereignisse und sonst, wie du schon dargestellt hast, viele positive Residuallast Ereignisse.

00:18:27 Martin Kittel

Und jetzt ist das Problem bei dieser Methodik, dass man zum Beispiel sehr gut in der Rückschau, wie Wolf das gerade skizziert hat, die einzelnen Residuallastereignisse analysieren kann.

00:18:38 Martin Kittel

In der Vorausschau ist das allerdings

00:18:41 Martin Kittel

Nicht ganz so leicht, weil man muss ja eine Annahme über das Profil der Stromnachfrage treffen.

00:18:47 Martin Kittel

Das heißt, zu welchem Zeitpunkt ist die Stromnachfrage jetzt sehr hoch?

00:18:51 Martin Kittel

Das ist der eine Punkt und der andere Punkt ist dann auch die Stromnachfrage.

00:18:55 Martin Kittel

Wie wir schon dargestellt haben, wird sich zukünftig ja durch die Sektorenkopplung verändern, weil wir weitere Endenergieanwendungen aus den Verbrauchssektoren Industrie, Verkehr

00:19:07 Martin Kittel

und Raumwärmebereitstellung mit ja in das Stromsystem integrieren werden.

00:19:13 Martin Kittel

Wenn man jetzt quasi das Beispiel der batterieelektrischen Fahrzeuge mit nutzen will oder bedienen will, dann ist quasi unklar, wie flexibel sind eigentlich diese Fahrzeuge und wie

kann man diese Flexibilität dann auch im Profil der Stromnachfrage ja hinterlegen und betrachten.

00:19:30 Wolf-Peter Schill

Genau, wenn ich jetzt einfach annehme, in Zukunft laden alle Elektrofahrzeuge so wie sie heute laden,

00:19:36 Wolf-Peter Schill

dann hätt ich sozusagen überhaupt keinen richtigen Match mit dem erneuerbaren Stromangebot, wie es dann in der Zukunft sein wird.

00:19:43 Wolf-Peter Schill

Glücklicherweise können ja diese Elektroautos, aber auch viele andere Technologien, zum Beispiel Wärmepumpen oder auch Erzeugung von grünem Wasserstoff, Elektrolyseure, die können auch ein Stück weit flexibel betrieben werden, da können wir euch auch noch weitere Papiere von uns in die Shownotes verlinken und deswegen ist es also gar nicht so leicht zu sagen,

00:20:01 Wolf-Peter Schill

diese Residuallast in Zukunft tatsächlich zu bestimmen, für jetzt ein Zukunftsszenario, sagen wir mal 2045 Vollversorgung, erneuerbare Energien.

00:20:08 Wolf-Peter Schill

Wann genau laden denn diese Elektroautos?

00:20:10 Wolf-Peter Schill

Da braucht man dann eigentlich Modelle dafür, die das optimieren und dann ist es schon gar nicht mehr so leicht, so eine simple Residuallast-basierte Dunkelflautenanalyse zu betreiben.

00:20:20 Martin Kittel

Genau, man könnte also zusammenfassen, dass die Residuallast konzeptionell eigentlich das ist, was wir

00:20:25 Martin Kittel

auch analysieren wollen, nämlich die Perioden, wo wir andere Technologien brauchen, die die Stromnachfrage decken können, weil die erneuerbaren Energien eben nicht genügend Strom in den Perioden bereitstellen können.

00:20:36 Martin Kittel

Aber es ist einfach konzeptionell und methodisch nicht so leicht, das Ganze in der Vorausschau für Zukunftsszenarien zu machen.

00:20:43 Wolf-Peter Schill

Dann kommen wir doch zu einer Sache, die vielleicht noch intuitiver scheint, die aber methodisch noch ein bisschen komplizierter ist, nämlich die Preise, also diese dritte Möglichkeit.

00:20:51 Wolf-Peter Schill

Man guckt, welche Preise sich in

00:20:54 Wolf-Peter Schill

in der Vergangenheit ergeben haben oder in der Zukunft ergeben könnten und definiert dann einfach, wenn die Preise hoch sind, dann haben wir eine Dunkelflaute.

00:21:01 Martin Kittel

Genau, man könnte jetzt sagen, wir haben hohe, wenn man eine, wenn man eine Situation mit hohen Preisen sieht, über ja mehrere Stunden oder vielleicht auch Tage, dann könnte das eine Indikation sein dafür, dass wir eben eine gewisse Knappheit im Markt hatten.

00:21:15 Martin Kittel

Ja, und diese Knappheit kann jetzt eben zum Beispiel durch eine sehr geringe Erzeugung von fluktuierenden Erneuerbaren

00:21:22 Martin Kittel

Energien entstehen.

00:21:23 Martin Kittel

Das Problem ist bei der Sache, es gibt ja aber auch andere Einflussfaktoren.

00:21:27 Martin Kittel

Also der Preis ist ja ein Resultat der Markträumung auf dem Großhandelspreis, auf dem Großhandelsmarkt für für Strom und da gibt es dann natürlich noch Faktoren wie die Verfügbarkeit von gesicherter Leistung, das Profil von der Stromnachfrage, wie wir gerade dargestellt haben, et cetera, et cetera, et cetera.

00:21:47 Wolf-Peter Schill

Zum Beispiel kann man vielleicht auch sagen, als wir zuletzt sehr hohe Preise im Strommarkt hatten,

00:21:51 Wolf-Peter Schill

da hat sich gezeigt, da waren gar nicht alle Kraftwerke, die installiert waren, tatsächlich auch am Netz, die waren aus verschiedenen Gründen, wo sich auch viele Leute Gedanken drüber gemacht haben, standen die eben still.

00:22:02 Wolf-Peter Schill

Und dann ist die Frage, die waren irgendwie in der Wartung oder waren vielleicht kaputt, vielleicht wurden manchmal auch Kraftwerke zurückgehalten, das Kartellamt guckt sich das auch genau an, um den Preis noch mal weiter zu treiben, aber

00:22:15 Wolf-Peter Schill

Was ich damit sagen will, ist, dass der Preis, der sich einstellt am Strommarkt, eben durch eine ganze Menge von Faktoren nicht nur auf der Stromangebotsseite, sondern auch auf der Stromnachfrageseite eben ergeben kann, so dass sich praktisch mit dem gleichen erneuerbaren Energien Angebot höhere oder niedrigere Preise sehen würde, je nachdem, was zum Beispiel mit dem sonstigen Kraftwerkspark noch so los ist.

00:22:37 Wolf-Peter Schill

Das heißt, ein hoher Preis muss nicht unbedingt

00:22:40 Wolf-Peter Schill

eine besonders hohe Dunkelflaute kennzeichnen.

00:22:42 Martin Kittel

Das ist quasi ein ein Indikator dafür, aber man muss eben sagen, dass jetzt diese Analyse basierend auf Preisen, das geht jetzt vor allem in der Rückschau.

00:22:51 Martin Kittel

Ja, wir haben einen, wir können das Gesamtsystem beobachten, wir wir sehen, was für eine Erzeugung hatten wir aus der Windkraft, Solarenergie, meinetwegen noch Biomasse, Wasserkraft et cetera, was für eine Stromerzeugung hatten wir auch aus vielleicht fossilen Energieträgern, wie hoch war die Stromnachfrage und dann kann man das Marktergebnis quasi sehr genau analysieren.

00:23:10 Martin Kittel

und feststellen, , OK, hier hatten wir jetzt über mehrere Stunden, vielleicht auch mehrere Tage, die Dunkelflaute, weil die Erzeugung aus erneuerbaren Energien sehr, sehr gering war.

00:23:20 Martin Kittel

Aber man muss eben sagen, dass das quasi auch dann nur für den jeweiligen Systemzustand gilt, dieser Befund.

00:23:29 Martin Kittel

Ja, das heißt, wenn man jetzt die gleichen Wetterbedingungen in einem ja zukünftigen System, sagen wir mal in vielleicht 345 Jahren

00:23:37 Martin Kittel

wieder auftreten würde, dann können sich ganz andere Preise einstellen, weil wir zum Beispiel wesentlich mehr Batteriespeicher im System haben, die dann kurzfristige Dunkelflauten vielleicht auch besser ausgleichen können.

00:23:49 Wolf-Peter Schill

Ja und diese künftigen Preise, die könnte man sich eben mit Modellen sozusagen selber zusammenbasteln oder analysieren, mit Strommarkt oder Energiesystemmodellen, die einem diese künftigen Marktpreise simulieren und wir können und wollen da jetzt nicht tiefer einsteigen, aber die Ergebnisse solcher Modelle hängen natürlich

00:24:07 Wolf-Peter Schill

ganz stark davon ab, wie man das macht und was man in solche Modelle reinsteckt.

00:24:10 Wolf-Peter Schill

Das heißt, eine Analyse von Dunkelflauten auf Basis künftiger simulierter Preise, die hängt dann noch mal von ganz vielen weiteren Annahmen ab, die in dieser Modellierung mit drin stecken.

00:24:21 Wolf-Peter Schill

Dann fassen wir es vielleicht mal so ganz kurz nur zusammen, diese 3 verschiedenen Möglichkeiten, die haben alle irgendwie Vor und Nachteile.

00:24:29 Wolf-Peter Schill

Also ich würde sagen, alle sind irgendwie valide und es ist im Grunde nicht falsch, eine Dunkelflaute zu messen.

00:24:35 Wolf-Peter Schill

entweder rein auf Basis von diesem erneuerbaren Stromangebot oder auf Basis von dieser Residuallast oder auch auf Basis von Preisen, die können eben unterschiedlich unterschiedliche Dinge aussagen und haben unterschiedliche Vor und Nachteile.

00:24:49 Martin Kittel

Man könnte im Grunde genommen sagen, dieser erste Ansatz, also die Analyse auf Basis von der Stromerzeugung von erneuerbaren Energien, ist quasi der ja der puristischste oder der der

00:25:00 Martin Kittel

der beste Ansatz, weil man am wenigsten Annahmen braucht.

00:25:04 Martin Kittel

Man braucht vielleicht eine Annahme dazu, in was für einem Mischungsverhältnis jetzt diese fluktuierenden erneuerbaren Technologien im Kapazitätsmix zueinander stehen, aber und vielleicht auch noch gewisse Annahmen, um überhaupt diese zukünftige Verfügbarkeit zu berechnen.

00:25:19 Martin Kittel

Das machen dann die Kollegen aus der Meteorologie, aber abgesehen davon braucht man quasi keine weiteren Annahmen.

00:25:26 Martin Kittel

Das heißt, hier hat man wirklich quasi den

00:25:27 Martin Kittel

größten Ansatz oder den den besten Ansatz, der am allgemeingültigsten ist?

00:25:32 Wolf-Peter Schill

Und deswegen haben wir den selber auch benutzt, aber man muss auch einschränkend sagen, dafür ist es auch am wenigsten unmittelbar anwendungsrelevant.

00:25:40 Wolf-Peter Schill

Ne, also man sagt, ich hab so und so lange so und so wenig erneuerbare Energien, aber man bringt es eben noch nicht direkt zusammen mit der zu deckenden Stromnachfrage.

00:25:48 Martin Kittel

Wenn man jetzt diesen Ansatz 2, also die Residuallast und diesen dritten Ansatz mit den Preisen anschaut, das ist quasi wesentlich.

00:25:56 Martin Kittel

praxisnäher und auch irgendwo politikrelevanter, weil man eben gleich den Verschnitt mit der Stromnachfrage und dann auch mit dem Marktergebnis hat.

00:26:04 Martin Kittel

Aber hier muss man eben ein ganzes Bündel an auch ergebnistreibenden Annahmen treffen, was hier als quasi als ja wesentlicher methodischer Nachteil gilt.

00:26:15 Wolf-Peter Schill

OK, jetzt haben wir lange über Methodik gesprochen, lass uns unseren Hörerinnen mal eine kurze Pause gönnen, lass uns mal über diesen Begriff kurz reden, Dunkelflaute,

00:26:24 Wolf-Peter Schill

wo kommt das eigentlich her und gibt es vielleicht Probleme mit dem Begriff oder gäbe es auch bessere Begriffe als Dunkelflaute?

00:26:31 Martin Kittel

Ja, Dunkelflaute ist auf jeden Fall ein ein Kampfbegriff geworden, ist emotional auch aufgeladen, wird in verschiedenen politischen Debatten auch genutzt, um entweder für oder auch gegen die Energiewende zu zu argumentieren.

00:26:47 Martin Kittel

Das heißt, grundsätzlich ist dieser Begriff ja ein wenig politisch

00:26:51 Martin Kittel

aufgeladen.

00:26:52 Wolf-Peter Schill

Dazu passt übrigens, ja, bei der Vorbereitung auf die Sendung hab ich mich noch mal durch so ein paar Bundestagsdebatten gelesen.

00:26:57 Wolf-Peter Schill

Tatsächlich wird der stärker von Politikerinnen aus dem konservativen Spektrum bis hin zur A.

00:27:05 Wolf-Peter Schill

F.

00:27:05 Wolf-Peter Schill

D.

00:27:05 Wolf-Peter Schill

benutzt.

00:27:06 Wolf-Peter Schill

Die benutzen sehr oft Dunkelflaute.

00:27:07 Wolf-Peter Schill

Das ist also tatsächlich oft mit so einem gewissen, mit so einem gewissen politischen Spin.

00:27:12 Wolf-Peter Schill

Trotzdem glaub ich, ist es wichtig, sich über das Phänomen zu unterhalten.

00:27:15 Wolf-Peter Schill

Aber genau, wenn das Wort nicht so gut ist, wie könnte man es dann nennen?

00:27:19 Martin Kittel

Ja, es gibt leider kein sehr gutes Wort.

00:27:22 Martin Kittel

Wir haben versucht, in unseren Artikeln mal die Terminologie, die im akademischen Diskurs verwendet wird, ein wenig zu sortieren und zu ordnen und haben zum Beispiel vorgeschlagen, dass man jetzt allgemein ja Dunkelflauten erstmal als sogenannte Knappheitsperioden identifizieren könnte oder auf Englisch Renewable Shortage und dann könnte man Unterkategorien definieren, wie zum Beispiel die Dunkelflaute, die man dann auf der

00:27:49 Martin Kittel

erneuerbaren Erzeugungsseite sieht, da haben wir dann den Vorschlag gemacht, Renewable Energy Drought.

00:27:55 Martin Kittel

Oftmals liest man auch Resource Drought.

00:27:57 Martin Kittel

Lustigerweise haben die Medien oder manche Medien das aufgegriffen und dann einfach wörtlich mit Energie Dürre übersetzt.

00:28:04 Martin Kittel

Den Begriff find ich ein wenig ulkig.

00:28:06 Wolf-Peter Schill

Na ja, Drought heißt ja Dürre.

00:28:08 Martin Kittel

Genau, also wenn man es wörtlich übersetzt, kommt man schon dahin.

00:28:11 Martin Kittel

Aber was wir damit eigentlich meinen, ist dann tatsächlich die Dunkelflaute.

00:28:15 Martin Kittel

Und dass dieser Begriff eignet sich eben um diesen ersten Ansatz, ja, das Erneuerbaren, die Erneuerbareenerzeugung zu analysieren.

00:28:23 Martin Kittel

Und dann gibt es aber noch ein anderer Begriff, der wahrscheinlich hier auch sinnvoll ist zu nennen, nämlich die sogenannte kalte Dunkelflaute.

00:28:30 Martin Kittel

Und hier.

00:28:31 Martin Kittel

Ist man jetzt konzeptionell in diesem zweiten Ansatz mit der Residuallast und spricht über Perioden, wo wir auf der einen Seite ein sehr geringes Energieangebot durch die erneuerbaren Energien haben und diese dieses geringe Angebot trifft dann zeitgleich auf eine Kältewelle.

00:28:48 Martin Kittel

Das heißt, da haben wir sehr, sehr niedrige Temperaturen, die wiederum eine so sehr hohe Heizlast bedingen und je höher jetzt die

00:28:55 Martin Kittel

Der Elektrifizierungsgrad der Raumwärmebereitstellung ist also, wenn wir die Sektorenkopplung und die Elektrifizierung zukünftig weiter vorantreiben, desto wichtiger ist dann natürlich auch diese oder desto größer ist der Einfluss dieser Kältewelle, weil sich dann eben die Stromnachfrage in diesem Zeitraum noch ganz wesentlich erhöht.

00:29:12 Martin Kittel

Das heißt.

00:29:13 Martin Kittel

Diese kalte Dunkelflaute stellt quasi eine extreme Form der positiven Residuallast dar.

00:29:18 Wolf-Peter Schill

Und was ja auch noch ganz lustig ist, der Begriff ist mittlerweile auch im englischen Sprachraum angekommen.

00:29:23 Wolf-Peter Schill

Man sieht das so ein bisschen auf Social Media.

00:29:24 Wolf-Peter Schill

Ich habe mal geguckt, wann es zuerst in der New York Times erschienen ist.

00:29:27 Wolf-Peter Schill

Ich habe das Jahr 2024 gefunden.

00:29:29 Wolf-Peter Schill

und auch in anderen Publikationen wird es inzwischen recht regelmäßig benutzt.

00:29:34 Martin Kittel

Man findet es einerseits im akademischen Diskurs ganz rege, aber nicht nur die New York Times, sondern ich glaube 2023 hat auch der Economist schon das allererste Mal dieses Wort verwendet.

00:29:44 Martin Kittel

Also es kommt auch im englischen Sprachgebrauch zunehmend vor.

00:29:47 Wolf-Peter Schill

O.

00:29:48 Wolf-Peter Schill

K., wir haben drüber gesprochen, warum das so schwierig zu definieren ist, welche Möglichkeiten es gibt, jetzt ein bisschen über den Begriff.

00:29:55 Wolf-Peter Schill

Jetzt kommen wir mal zum Punkt, Martin, wie

00:29:58 Wolf-Peter Schill

oft passiert das denn jetzt und wie lange sind diese Dunkelflauten hier bei uns in Europa?

00:30:04 Wolf-Peter Schill

Da verweisen wir auf ein anderes Paper von uns, das ist dieses Jahr erschienen in einem Fachjournal, also auch wieder Englisch.

00:30:11 Wolf-Peter Schill

Wer mag, guckt gerne mal durch.

00:30:12 Wolf-Peter Schill

Es sind sehr viele Abbildungen dabei und auch viele Zahlen.

00:30:16 Wolf-Peter Schill

Wir wollen jetzt nur so einen kleinen Einblick geben, so auf einigermaßen hoher Flughöhe.

00:30:21 Wolf-Peter Schill

Führ doch mal unsere Hörerinnen so kurz ein, Martin, was wir da genau

00:30:25 Wolf-Peter Schill

gemacht haben.

00:30:25 Martin Kittel

Wir haben uns versucht, da historische Dunkelflauten anzuschauen.

00:30:28 Martin Kittel

Das heißt, auf Grundlage von 38 historischen Wetterjahren haben wir für 33 europäische Länder Dunkelflauten analysiert.

00:30:37 Martin Kittel

Und wie haben wir das gemacht?

00:30:39 Martin Kittel

Wir haben diesen Ansatz 1 gewählt.

00:30:41 Martin Kittel

Das heißt, auf Basis von dem dem dem reinen Erzeugungspotential

00:30:48 Martin Kittel

von erneuerbaren Technologien und da haben wir uns einerseits Einzeltechnologien angeschaut, das heißt die P.V., Windkraft an Land, Windkraft auf See, genau getrennt, einzeln voneinander und dann diese Technologien aber auch kombiniert in einem erneuerbaren Technologieportfolio, wobei wir den Kapazitätsmix, den wir angenommen haben, an ja politikrelevante Studien

00:31:13 Martin Kittel

über den zukünftigen Mix in 2050, also in einem klimaneutralen europäischen Energiesystem, angelehnt haben.

00:31:21 Wolf-Peter Schill

Und jetzt vielleicht gleich der Witz, wir haben ja vorher gesagt, der Schwellenwert ist so wichtig für diese Analysen, wie man den genau setzt.

00:31:27 Wolf-Peter Schill

Wir haben das so ein bisschen anders gemacht und haben ganz viele Schwellenwerte parallel angeschaut.

00:31:32 Martin Kittel

Also ich hab in meiner Doktorarbeit ein Tool programmiert, was es eben ermöglicht,

00:31:37 Martin Kittel

diese Dunkelflautenanalyse auf Basis von einer, ja einem Erzeugungspotential auf einer auf auf Basis einer Zeitreihe, die dieses Erzeugungspotential darstellt, durchführt.

00:31:48 Martin Kittel

Und dann haben wir mit Hilfe von diesem Tool eben diese Analyse für ganz, ganz viele verschiedene Schwellenwerte von sehr, sehr niedrig bis sehr hoch durchgeführt.

00:31:57 Martin Kittel

Und wenn man sich jetzt eben mal diese

00:32:00 Martin Kittel

Dunkelflautenmuster, die wir dann identifiziert haben, von einzelnen Technologien und von diesem erneuerbaren Portfolio anschaut und vergleicht, dann kann man sich ein wenig herleiten, wie Dunkelflauten, extreme Dunkelflauten, überhaupt zustande kommen.

00:32:15 Martin Kittel

Fangen wir mal mit den einzelnen Technologien an.

00:32:17 Martin Kittel

Die PV hat natürlich die Tag-Nacht-Schwankungen, das ist natürlich klar.

00:32:22 Martin Kittel

und hat aber auch eine starke Saisonalität in Europa.

00:32:25 Martin Kittel

Das liegt daran, dass Europa relativ weit nördlich ist und ja, wie wir alle wissen, hat man im Winter einfach eine geringere Sonneneinstrahlung und damit eben auch ein geringeres Erzeugungspotential.

00:32:36 Wolf-Peter Schill

Das Letztere gilt vor allem bei uns hier in Mittel und Nordeuropa, in Südeuropa ist auch im Winter ja noch deutlich mehr Photovoltaik da, da könnte man vielleicht aber auch gleich sagen, also wir haben über diese Schwellenwerte gesprochen, wenn ich den niedrig genug setze, dann hab ich bei der

00:32:51 Wolf-Peter Schill

Photovoltaik praktisch täglich eine kleine Dunkelflaute, nämlich nachts, wenn kein, wenn kein Strom erzeugt wird.

00:32:58 Wolf-Peter Schill

Und wenn ich den Schwellenwert hoch genug setze, dann hab ich auch eine super lange, nämlich praktisch das ganze Winterhalbjahr bei uns in unseren Breiten zumindest.

00:33:05 Martin Kittel

Also man sieht schon, der Schwellenwert ist einfach ein ganz entscheidender Parameter in der Analyse von

00:33:11 Martin Kittel

Düngeflauten.

00:33:12 Wolf-Peter Schill

Wie ist es beim Wind?

00:33:12 Martin Kittel

Wind wiederum, ja, Wind ist jetzt ein Resultat von Prozessen zum Druckausgleich in der Atmosphäre.

00:33:19 Martin Kittel

Das ist ein ja chaotisches System, das heißt, Wind hat einfach ein ein viel zufälligeres Erzeugungsmuster als die PV.

00:33:27 Martin Kittel

Grundsätzlich kann man aber auch sagen, dass auch Wind eine gewisse Saisonalität hat mit ja besseren Windbedingungen im Winter.

00:33:34 Martin Kittel

Das heißt, grundsätzlich ergänzen sich jetzt PV und Wind eigentlich ganz gut.

00:33:41 Martin Kittel

Und durch diese Saisonalität von von Wind kommt es dann eben aber auch dazu, dass die ja stärker ausgeprägten Windflauten im Sommer häufiger auftreten als im Winter.

00:33:55 Martin Kittel

Und wenn wir jetzt eben diese beiden Technologien oder diese 3 Technologien P.V., Windkraft an Land und Windkraft auf See auf auf See miteinander verschneiden und das Portfolio anschauen, dann stellen wir eben fest, dass

00:34:09 Martin Kittel

wir stark ausgeprägte Portfolio-Dunkelflauten vor allem im Winter haben, nämlich dadurch bedingt, dass wir grundsätzlich eine sehr geringe Stromerzeugung aus PV haben.

00:34:21 Martin Kittel

Und wenn diese geringe Stromerzeugung aus PV dann eben noch auf seltene, aber schwere Windflauten trifft, dann übersetzt sich das quasi auf eine schwer ausgeprägte Portfolio-Dunkelflaute, die dann auch quasi für das gesamte Energiesystem

00:34:38 Martin Kittel

ja auftritt und wo das Ganze, wo das gesamte Energiesystem mit umgehen muss?

00:34:42 Wolf-Peter Schill

Können wir vielleicht aber direkt an der Stelle mal in einen dieser beiden großen Effekte reingehen, die wir da illustrieren in diesem Artikel, nämlich genau diesen sogenannten Portfolioeffekt.

00:34:52 Wolf-Peter Schill

Das ist nämlich der Punkt, dass die Kombination aus Windkraft und Photovoltaik die Länge dieser Dunkelflauten eben deutlich verringert.

00:34:59 Wolf-Peter Schill

Also wenn ich nicht stark auf eine einzelne Technologie setze, sondern so eine Mix, eine Kombination aus diesen verschiedenen erneuerbaren Stromerzeugungsmöglichkeiten,

00:35:08 Wolf-Peter Schill

dann muss ich auch mit weniger schweren Dunkelflauten umgehen.

00:35:11 Martin Kittel

Genau, und zwar reduziert sich diese maximale oder die die Dauer der der extremsten Dunkelflauten im Schnitt über alle Jahre, die wir uns angeschaut haben, über alle Länder, die wir uns angeschaut haben, und über alle Schwellenwerte, die wir uns angeschaut haben, ungefähr um die Hälfte.

00:35:28 Martin Kittel

Der Effekt ist ein wenig stärker ausgeprägt für P.

00:35:30 Martin Kittel

V.

00:35:31 Martin Kittel

Was daran liegt, dass durch die Kombination mit Windkraft einerseits natürlich diese Tag-Nacht-Schwankungen ausgeglichen werden können und dann aber auch eben die saisonalen Schwankungen auch ausgeglichen werden, weil sich da PV und Windkraft grundsätzlich ganz gut ergänzen.

00:35:46 Wolf-Peter Schill

Das heißt, eine Mischung aus Photovoltaik und Windkraft ist nicht nur im Durchschnitt gut, weil die

00:35:52 Wolf-Peter Schill

P.V.

00:35:52 Wolf-Peter Schill

im Sommer mehr macht, die Windkraft im Winter mehr, sondern die ist auch gut in mit Blick auf extreme Perioden mit geringem Angebot, weil da die sich auch sozusagen im Durchschnitt günstig mischen.

00:36:03 Martin Kittel

Genau, dann gibt es noch einen zweiten Effekt, den haben wir jetzt Verbundeffekt genannt und dieser Verbundeffekt entsteht dadurch, dass wir Strom im integrierten europäischen Strommarkt ja auch grenzüberschreitend handeln können und durch diesen Ausgleich

00:36:20 Martin Kittel

können wir quasi auch die maximale Dauer von den Dunkelflauten im Schnitt stark reduzieren.

00:36:28 Martin Kittel

Man muss das Ganze vielleicht noch ein wenig einordnen.

00:36:31 Martin Kittel

Wir haben uns dem Problem auf eine ja sehr akademische Art und Weise angenähert und haben angenommen, dass wir einen perfekten Stromaustausch in Europa

00:36:42 Martin Kittel

realisieren.

00:36:43 Wolf-Peter Schill

Die Nerds nennen das auch die Kupferplatte, als könnte Strom sozusagen frei von jedem Punkt in Europa zu jedem anderen fließen.

00:36:49 Martin Kittel

Das wird natürlich nie passieren, da kann man vielleicht die Analogie kurz zu den Autobahnen machen.

00:36:56 Martin Kittel

Wir werden ja auch die Autobahnen nie so ausbauen, dass wir überall 1015 spurige Autobahnen haben, damit es nie Stau geben kann, sondern das wird ja wir, wir bauen die quasi so, dass es im Schnitt ganz gut läuft und genauso ist es auch mit

00:37:10 Martin Kittel

dem Stromnetz, das, wobei ich sagen würde, beim.

00:37:12 Wolf-Peter Schill

Stromnetz wär es noch sinnvoller, ein größere Transportkapazität haben als bei den Autobahnen.

00:37:17 Wolf-Peter Schill

Aber das besprechen wir an anderer Stelle.

00:37:19 Martin Kittel

Aber im Grunde genommen, was ich damit sagen will, ist der Ausbau von von dem Stromnetz, das ist sehr kostspielige Energieinfrastruktur, der Ausbau, der ist sehr langwierig, das heißt, dieses Szenario, was wir hier aufgemacht haben, wo man.

00:37:32 Martin Kittel

perfekten Stromaustausch über ganz Europa ermöglicht.

00:37:35 Martin Kittel

Das ist natürlich ja quasi nicht realisierbar, aber nehmen wir das einfach mal an, dass es realisierbar wäre und da zeigt sich eben, dass die maximale Dauer von den Dunkelflauten im Portfolio auch um ungefähr 2 Drittel reduziert werden kann, also schon ganz wesentlich.

00:37:55 Wolf-Peter Schill

Also das schwerste Ereignis, das sozusagen auftritt, wird

00:37:59 Wolf-Peter Schill

deutlich weniger schwer, wenn wir den Strom in Europa perfekt herumschieben könnten.

00:38:03 Wolf-Peter Schill

Und das liegt letztlich vor allem daran, dass eben doch irgendwo immer noch ein bisschen Wind weht.

00:38:09 Wolf-Peter Schill

Also, dass gerade die Windkraft in Europa doch recht ungleichmäßig verteilt ist und selbst in Perioden, in denen es in einem Land, zum Beispiel hier bei uns in Deutschland, eine extreme Windflaute gibt,

00:38:19 Wolf-Peter Schill

gibt es doch noch andere Länder in Europa, wo eben ein bisschen Wind da ist.

00:38:22 Wolf-Peter Schill

Deswegen würde man also stark davon profitieren in einem solchen extremen Dunkelflautenereignis, wenn man doch den Strom in Europa möglichst gut herumschieben könnte.

00:38:32 Martin Kittel

Man kann das vielleicht noch einordnen, es gibt natürlich Dunkelflauten, die jetzt regional begrenzt wirksam werden und jetzt vielleicht einfach nur Norddeutschland oder Nord Süddeutschland betreffen und dann gibt es aber auch Dunkelflauten, die.

00:38:44 Martin Kittel

Ja, wesentlich großflächiger auftreten, das sind ja Wetterphänomene.

00:38:47 Martin Kittel

Die machen jetzt nicht einfach an Ländergrenzen halt, sondern können dann eben auch ja viele Länder gleichzeitig betreffen.

00:38:54 Martin Kittel

Ja, und da könnte man jetzt, wie Wolf gerade dargestellt hat, das Szenario aufmachen.

00:38:58 Martin Kittel

In sagen wir Zentraleuropa und meinetwegen auch in Nordeuropa haben wir eine Dunkelflaute, die auch länger anhält und dann kann man aber eben.

00:39:07 Martin Kittel

vielleicht Stromüberschüsse, die jetzt in Südeuropa, in Portugal, in Italien, meinetwegen auch in Südosteuropa auftreten, durch das europäische Stromnetz nach Norden schicken und dann eben diese Dunkelflauten ausgleichen.

00:39:21 Wolf-Peter Schill

Also muss man vielleicht auch sagen, diese Dunkelflauten gehen durch den Stromverbund nicht total weg, aber sie werden eben geringer und das ist vielleicht auch so ein ganz allgemeiner Punkt, wir haben das auch hier im Podcast schon öfter besprochen, grundsätzlich wird die Integration erneuerbarer Energien eben

00:39:35 Wolf-Peter Schill

einfacher und günstiger, wenn man das in einem größeren Stromverbund ausregeln kann und das gilt eben auch für die extremen Dunkelflauten.

00:39:42 Wolf-Peter Schill

Das haben wir hier praktisch gefunden.

00:39:44 Wolf-Peter Schill

Kannst du noch kurz was zur Häufigkeit sagen, bevor wir dann vielleicht zu den zu den Längen kommen?

00:39:50 Wolf-Peter Schill

Also wie oft passiert das denn?

00:39:52 Wolf-Peter Schill

Da haben wir ja so ein bisschen die Schwierigkeit, wir haben vorher schon gesagt, das hängt voll vom Schwellenwert, aber vielleicht so ganz grob allgemein gesagt, wie oft gibt es denn Dunkelflauten?

00:40:00 Martin Kittel

Man könnte jetzt hier

00:40:02 Martin Kittel

die Resultate von einzelnen Schwellenwerten heranziehen.

00:40:05 Martin Kittel

Wir sind da aber immer ein bisschen vorsichtig, weil sich uns in unserer Analyse eben gezeigt hat, dass diese Ergebnisse ganz wesentlich von dem Schwellenwert abhängen und es eben völlig unklar ist, welcher Schwellenwert jetzt genau der richtige ist.

00:40:19 Martin Kittel

Das heißt, ich würd es versuchen, ein wenig allgemeiner zu formulieren.

00:40:22 Martin Kittel

Man kann grundsätzlich sagen, kurze Dunkelflauten gibt es

00:40:26 Martin Kittel

sehr oft und kurz heißt jetzt so einige Stunden, einige Stunden.

00:40:30 Martin Kittel

Ja, da könnte man jetzt sagen, zum Beispiel ist das Ganze geprägt von diesen typischen Tag-Nacht-Schwankungen von der PV und wenn man dann jetzt noch sagen wir mal 2 windschwache windschwache Nächte dazu hat, dann hat man eben eine Dunkelflaute von zum Beispiel, ja sagen wir mal 2 Tagen und solche Perioden können natürlich öfter auftreten.

00:40:51 Martin Kittel

Ja, das ist eben die Frage, ob man das dann als

00:40:54 Martin Kittel

Dunkelflaute an sich versteht oder ob das einfach eine ja strukturelle Variabilität ist, die eben ein eine erneuerbare Stromversorgung nun mal so mit sich bringt.

00:41:05 Wolf-Peter Schill

Aber so kürzere Ereignisse, das finden wir praktisch in diesen Daten von fast 4 Jahrzehnten relativ oft, aber es wird deutlich weniger, wenn wir dann sozusagen auf sehr lange Ereignisse gucken.

00:41:17 Martin Kittel

Lange Dunkelflauten treten dann deutlich seltener auf, man könnte jetzt vielleicht ganz grob sagen, mehrtägige Ereignisse

00:41:23 Martin Kittel

gibt es im Schnitt auch mehrere Male, aber eher sehr wenig pro Jahr und sehr lange Dunkelflauten, die dann über mehrere Wochen anhalten.

00:41:32 Martin Kittel

Das sind dann Ergebnisse, die treten wirklich sehr selten auf, nicht unbedingt jedes Jahr, sondern eher ja mehrere aller mehrere Jahre einmal.

00:41:41 Wolf-Peter Schill

Dann lass uns doch mal auf das extremste Ereignis gucken, dass wir in den Daten gefunden haben, nicht weil wir irgendwie Energiewende Angst machen wollen, sondern weil es einfach da ist und man damit umgehen muss.

00:41:51 Wolf-Peter Schill

Wir haben das die European Superdrought genannt, also die extreme erneuerbaren Energien Dürre, wenn man so will.

00:41:57 Wolf-Peter Schill

Wie, wie lange war die?

00:41:59 Martin Kittel

Ist vielleicht auch ein wenig ein reißerischer Begriff da von uns gewesen.

00:42:04 Martin Kittel

Na ja, also wir haben versucht, uns dann dieser methodischen Herausforderung mit der unklaren Frage des geeigneten Schwellenwerts ein wenig anzunähern und haben einfach mal einen einen Aufschlag gemacht, wie man das Problem vielleicht betrachten kann und haben quasi

00:42:19 Martin Kittel

Wie eingangs schon beschrieben, diese Analyse für ganz, ganz viele verschiedene Schwellenwerte gemacht und dann einfach die Ergebnisse, die identifizierten Dunkelflautenmuster, miteinander kombiniert.

00:42:31 Martin Kittel

Und da kommen wir eben zu dem Ergebnis, dass es im Winter 1996 1997 auf europäischer Ebene ein, ja, langanhaltendes extremes Dunkelflautenereignis gab.

00:42:47 Martin Kittel

mit der uns gewählten Methodik kommen wir dann auf ja 55 Tage.

00:42:51 Martin Kittel

Ich würde mich jetzt nicht so sehr an dieser genauen Zahl festhalten, sondern eher zu dem Befund kommen wollen, dass es ein Event ist, was ja durchaus viele Wochen auch anhalten kann.

00:43:03 Wolf-Peter Schill

Also ich würde auch, wenn du dich an der Zahl nicht festhalten willst, würde ich schon sagen, das ist ja schon ein wirklich interessanter Befund, 55 Tage, das sind ja fast 2 Monate, also das ist schon richtig lang,

00:43:15 Wolf-Peter Schill

weil man hört ja oft ja Dunkelflauten, das gibt es eben maximal eine Woche oder 2.

00:43:19 Wolf-Peter Schill

Was wir hier finden ist deutlich länger.

00:43:21 Wolf-Peter Schill

Was man aber auch dazu sagen muss, in dieser Zeit haben wir nicht nichts bei den erneuerbaren Energien, also da ist die Stromerzeugungsmöglichkeit aus Wind und PV nicht 0 gewesen, sondern sie war tatsächlich noch so knapp die Hälfte dessen, was im langjährigen Mittel erzeugt wird, also da haben wir schon noch Strom, aber wir haben eben sehr lange

00:43:43 Wolf-Peter Schill

sehr wenig, so dass wir dieses Extremevent von 55 Tagen eben identifizieren konnten.

00:43:48 Martin Kittel

Vielleicht hilft es noch, sich ein wenig zu vergegenwärtigen, was denn in diesen 55 Tagen passiert ist.

00:43:54 Wolf-Peter Schill

Was genau hast du 9697 gemacht?

00:43:58 Martin Kittel

Also, was man, was man sieht, ist, dass es eben jetzt nicht über 55 Tage quasi gar keine Stromerzeugung aus Wind und und Solarenergie gab, sondern dass in diesem längeren Zeitraum.

00:44:13 Martin Kittel

Mehrere schwer ausgeprägte einzelne Dunkelflauten aufgetreten sind und diese Dunkelflauten sind in einem Zeitraum aufgetreten, der über viele, viele Wochen anhält, in denen jetzt die das Erzeugungspotential von fluktuierenden Erneuerbaren ohnehin sehr unterdurchschnittlich war.

00:44:32 Martin Kittel

Und diese Aneinanderreihung, das ist vielleicht auch ein wenig der unserer Beitrag zu der Debatte, weil ja, wie

00:44:40 Martin Kittel

Wolf, wie du gerade dargestellt hast, früher angenommen wurde, dass die Dunkelflaute dann vielleicht mit nach ein, 2 Wochen dann auch abgeschlossen ist.

00:44:48 Martin Kittel

Und wir müssen aber eben oder wir, wir stellen hier fest, dass es im ja jetzt in sehr unglücklichen oder ungünstigen Wetterbedingungen eben dazu kommen kann, dass wir diese Aneinanderreihung über viele, viele, viele Wochen haben und damit muss natürlich auch das zukünftige Energiesystem umgehen können.

00:45:05 Wolf-Peter Schill

Und jetzt haben wir außerdem festgestellt, das wäre noch viel länger dieses Ereignis, wenn wir halt

00:45:10 Wolf-Peter Schill

das nicht europäisch betrachten, wo man annimmt, ganz Europa ist ein großer perfekter Stromverbund, sondern wenn man auf einzelne Länder guckt, dann werden diese Ereignisse sogar noch länger.

00:45:21 Wolf-Peter Schill

Zum Beispiel, wenn wir nur auf Deutschland gucken, dann kommen wir auf eine noch längeres Extremereignis.

00:45:27 Martin Kittel

Jetzt noch mal mit der Methodik, die wir da verwendet haben, kommen wir auf ein Event oder finden wir das extremste Event im Winter 1995 96, das heißt ein Jahr früher

00:45:39 Martin Kittel

und kommen da auf die alarmierende Zahl von 109 Tagen.

00:45:45 Martin Kittel

Auch da ist gilt ein ähnlicher Befund.

00:45:47 Martin Kittel

Diese 109 Tage bestehen quasi aus einer ja Aneinanderreihung von schwereren Einzelereignissen und der Vergleich von diesen beiden Zahlen, die 55 Tage auf europäischer Ebene und jetzt diese 109 Tage für Deutschland alleine als Inselsystem, zeigt eben diesen Verbundeffekt, den wir schon

00:46:09 Martin Kittel

vorhin diskutiert haben.

00:46:10 Martin Kittel

Ja, also durch den Stromaustausch können wir auch sehr extrem ausgeprägte Dunkelflauten deutlich verringern.

00:46:17 Wolf-Peter Schill

Aber müssen wir auch direkt noch mal dazu sagen, bevor bevor zu viel Aufregung herrscht mit diesen über 100 Tagen.

00:46:22 Wolf-Peter Schill

Auch in diesen 100 Tagen ist es eben natürlich nicht so, dass wir gar keinen erneuerbaren Strom haben, sondern wir haben immer noch ungefähr ein Drittel der durchschnittlichen Verfügbarkeit von Wind und Solarenergie.

00:46:32 Wolf-Peter Schill

Aber es fehlt eben in diesen 109 Tagen sozusagen strukturell Energie, die dann eben

00:46:38 Wolf-Peter Schill

anderswoher kommen muss.

00:46:39 Wolf-Peter Schill

Dazu, wie gesagt, sprechen wir an anderer Stelle mehr, wie man das macht.

00:46:42 Wolf-Peter Schill

Aber wir können vielleicht sagen, diese beiden extremen Annahmen, die wir da getroffen haben, entweder ein perfekter europäischer Stromverbund oder eben wirklich einzelne Länder als elektrische Inseln, die sind natürlich beide ein bisschen extrem.

00:46:55 Wolf-Peter Schill

Der europäische Stromverbund, der überschätzt das echte Potential, Strom herum zu schieben, sondern ein einzelnes Land unterschätzt das, also die Wahrheit liegt sozusagen irgendwo in der Mitte.

00:47:05 Martin Kittel

Und nur um das vielleicht wirklich auch noch mal zusammenzufassen, wir sagen jetzt nicht: 'Oh Gott, oh Gott, oh Gott, über mehrere Monate haben wir überhaupt keine Stromerzeugung.' Sondern es gibt dann eben wirklich diese Aneinanderreihung und im Schnitt haben wir auch während dieser langen Phasen, während dieser sehr, sehr langen ja Serien von Dunkelflauten, trotzdem immer wieder Perioden, wo wir auch mehr Stromerzeugung aus den fluktuierenden Erneuerbaren haben.

00:47:32 Martin Kittel

Also das heißt jetzt nicht unbedingt, dass.

00:47:34 Martin Kittel

zu dieser Zeit zwingend das Licht ausgeht, sondern dass wir einfach nur unser Energiesystem mit ausreichend Flexibilität ausstatten müssen, um auch mit diesen längerwährenden Perioden klarzukommen.

00:47:45 Wolf-Peter Schill

Wie gesagt, die Lichter müssen ja sowieso nicht ausgehen, beziehungsweise das hängt ganz davon ab, was man eben macht, um sich einzustellen darauf, mit diesen Wetterereignissen umzugehen.

00:47:53 Wolf-Peter Schill

Und das ist ja eigentlich auch unser Beitrag, wir wollen das so ein bisschen versachlichen, einfach gucken, wie oft ist das passiert, wie schwer sind diese Ereignisse und was könnte man halt tun, um damit umzugehen.

00:48:04 Wolf-Peter Schill

Und vor dem Hintergrund mach doch, machen wir mal noch einen kleinen Schlenker zu einer anderen Studie, die in letzter Zeit so ein bisschen Wellen geschlagen hat von der Firma Uniper.

00:48:14 Wolf-Peter Schill

Die haben auch so eine kleine Dunkelflautenstudie vorgelegt, das waren, glaub ich, nur 3 Seiten im Vergleich zu unserer peer-reviewten Arbeit, die war deutlich länger, aber die hat so einige Presseaufmerksamkeit bekommen, weil eben der Punkt da gemacht wurde, dass Dunkelflauten super

00:48:33 Wolf-Peter Schill

oft auftreten und jetzt wollten wir auf Basis dieser ganzen Vorrede, die wir da gemacht haben, wie man das alles definiert, das einfach mal noch ganz kurz für euch einordnen, wie diese Uniper Studie einzuschätzen ist.

00:48:46 Wolf-Peter Schill

Also Martin, vielleicht machen wir das wirklich ganz kurz, was wurde dort gemacht und was kam da so raus?

00:48:51 Martin Kittel

Die Kollegen von Uniper haben sich jetzt der Frage nach

00:48:55 Martin Kittel

der Länge und Schwere der Dunkelflauten mit diesem ersten Ansatz, den wir vorhin beschrieben haben, angenähert.

00:49:01 Martin Kittel

Das heißt, sie untersuchen die tatsächlichen realisierten Erzeugungsdaten von einem erneuerbaren Portfolio, nämlich von Windkraft und Solarstrom der vergangenen 10 Jahre in Deutschland.

00:49:14 Wolf-Peter Schill

Also gucken nur auf das Stromangebot.

00:49:16 Martin Kittel

Genau, und die Kollegen haben einen Schwellenwert jetzt von

00:49:21 Martin Kittel

10% angesetzt.

00:49:23 Martin Kittel

Was heißt das?

00:49:23 Martin Kittel

Also, Sie haben quasi Dunkel oder Perioden gesucht, wo die tatsächliche Erzeugung weniger als 10% der installierten Leistung darstellt.

00:49:33 Wolf-Peter Schill

Das klingt erstmal wenig, aber man muss natürlich wissen, dass die Fluktuierenden Erneuerbaren ohnehin selten ihre im Portfolio ihre volle Leistung erreichen.

00:49:42 Wolf-Peter Schill

diese 10% müssten so knapp die Hälfte der durchschnittlichen Verfügbarkeit von Wind und Solarenergie sein.

00:49:48 Martin Kittel

Dann haben die Kollegen auch diesen sogenannten M.B.T., also Mean Below Threshold Algorithmus, verwendet.

00:49:54 Martin Kittel

Das ist ja dieser methodische Kniff, den wir vorhin eingeführt haben, wo man versucht, mit Hilfe von einer einem gleitenden Durchschnitt die Zeitreihe ein wenig zu glätten und sie nutzen ein Glättungsfenster von 6 Stunden.

00:50:08 Wolf-Peter Schill

Also einfach nur ein gleitender Durchschnitt, Glättungsfenster heißt, ich

00:50:11 Wolf-Peter Schill

mittlere alle Stundenwerte, jeweils die 6 zurückliegenden, und krieg dann so eine, ja, etwas geglättete Zeitreihe.

00:50:17 Martin Kittel

Und dann definieren Sie jetzt die Dunkelflaute als Perioden, die mindestens, also wo diese geglättete Zeitreihe mindestens 10 Stunden unterhalb von diesem 10% Schwellenwert liegt.

00:50:29 Wolf-Peter Schill

Und dann finden Sie raus, jeden dritten Tag gibt es im Schnitt so eine Dunkelflaute von über 10 Stunden, was Sie dann zu dem Schluss kommen lässt, dass die Dunkelflaute sozusagen

00:50:40 Wolf-Peter Schill

viel häufiger ist als gedacht und ein so eine Art Strukturelement unseres künftigen Stromsystems sein wird.

00:50:46 Wolf-Peter Schill

Und sie kommen außerdem zum Schluss, dass so eine 24 Stunden Flaute fast jeden Monat im Schnitt auftaucht und noch längere Dunkelflauten, zum Beispiel von 3 Tagen, dass die immerhin noch zweimal pro Jahr auftreten.

00:51:01 Martin Kittel

Und jetzt um zum Beispiel mal das allererste Ergebnis, dass wir ja fast jeden dritten Tag eine Dunkelflaute haben

00:51:08 Martin Kittel

Um das ein wenig einzuordnen, also man, das könnte auch sein.

00:51:11 Martin Kittel

Wir haben jetzt die konkreten Daten natürlich nicht vorliegen, aber man kann sich das so erklären, dass damit wahrscheinlich auch viele windlaue Nächte im Sommer erfasst werden.

00:51:21 Martin Kittel

Und im Winter werden dann natürlich Perioden auch mit dieser Methodik erfasst, die dann auch länger anhalten.

00:51:28 Martin Kittel

Ja, also Winter haben sind ja die Beiträge, wie wir eingangs schon gesagt haben, von von P.

00:51:33 Martin Kittel

V.

00:51:34 Martin Kittel

wesentlich geringer.

00:51:35 Martin Kittel

Das heißt, da ist jetzt die erneuerbaren Erzeugung wesentlich stärker geprägt von eben dem zufälligen ja Erzeugungsmuster von Wind und da kann es dann eben nicht durch diese, also da sind dann die Dunkelflauten, die man ja fast weniger durch diese Tag-Nacht-Schwankungen der P.V.

00:51:51 Martin Kittel

geprägt, sondern eben eher durch die auch ja sagen wir mal Variabilität, die über längere Zeit anhält,

00:51:58 Martin Kittel

von der Winderzeugung.

00:52:00 Wolf-Peter Schill

Und wir würden jetzt eben argumentieren, dass das, was damit erfasst wird, als sozusagen regelmäßige Dunkelflaute, das ist eigentlich nicht was, was wir in mit unserer Forschung als Dunkelflaute beschreiben würden, sondern das ist eher Teil der im Grunde normalen und erwartbaren Variabilität von Windkraft und Solarenergie und ich glaube, es wäre sinnvoller, das Wort Dunkelflaute wirklich zu reservieren für extreme Ereignisse, die halt wirklich viel länger

00:52:25 Wolf-Peter Schill

und viel seltener sind.

00:52:27 Martin Kittel

Also, wir wollen jetzt hier nicht die Kollegen von Uniper in die Ecke stellen und mit dem Finger auf sie zeigen, sondern wir versuchen es eigentlich nur ein wenig zu ergänzen und vielleicht auch ein wenig einzuordnen, weil, wie wir gerade versucht haben darzustellen, diese Dunkelflauten, die durch Uniper identifiziert werden, eben einfach ein eine, ja ein Merkmal, ein strukturelles Merkmal von einer erneuerbaren Stromerzeugung, die vor allem auf Wind und Solarenergie basiert.

00:52:55 Martin Kittel

Ist ja, das muss man einfach in der Form sagen.

00:52:58 Wolf-Peter Schill

Und was aber noch wichtig ist, dass diese sozusagen quantitative Darstellung, wie oft die denn auftreten, die hängt eben sehr stark von den von der Wahl der Methodik ab.

00:53:07 Wolf-Peter Schill

Du hast ja da auch selber so ein bisschen mit rumgespielt, hängt insbesondere davon ab, über welchen Zeitraum glätte ich diese Zeitreihe, aber noch stärker.

00:53:16 Wolf-Peter Schill

mit welchem Schwellenwert gehe ich da ran, nämlich diese 10%, die sind ja einfach gesetzt.

00:53:20 Wolf-Peter Schill

Wir haben das vorher auch schon besprochen, das ist ein praktischer Parameter, den man einigermaßen frei wählen kann.

00:53:25 Wolf-Peter Schill

Wenn man den anders setzt, etwas höher oder etwas tiefer, dann käme man auch zu ganz anderen Häufigkeiten.

00:53:31 Martin Kittel

Also die Kollegen nutzen ja diese beschriebene Methodik, da gibt es jetzt verschiedene methodische Hebel, an dem man so ein bisschen herumschrauben könnte und je nachdem, wie man jetzt diese methodischen Hebel setzt, also was für ein Schwellenwert ich zugrunde lege,

00:53:45 Martin Kittel

Wie lange jetzt zum Beispiel das Glättungsfenster von dem von dem glättenden Durchschnitt ist für diese Erstellung der geglätteten Zeitreihe, oder auch meinetwegen, wie lang jetzt eine Periode unterhalb von einem Schwellenwert sein muss, damit es dann als Dunkelflaute gezählt wird.

00:54:00 Martin Kittel

Je nachdem, wie man diese Parameter verändert, kann man auch zu ganz anderen Ergebnissen kommen.

00:54:06 Martin Kittel

Da könnte man auch eine ja Studie aufsetzen und Ergebnisse konstruieren.

00:54:11 Martin Kittel

wo wir quasi fast jeden Tag eine Dunkelflaute haben.

00:54:14 Martin Kittel

Das wäre dann zum Beispiel stark geprägt durch die Tag-Nacht-Schwankung der PV.

00:54:19 Martin Kittel

Man könnte aber auch Ergebnisse konstruieren, wo man nur ganz wenige Dunkelflauten pro Jahr identifizieren würde.

00:54:26 Wolf-Peter Schill

Dann lass es uns doch ganz kurz mal so einordnend abschließen.

00:54:29 Wolf-Peter Schill

So, was lernen wir denn aus so solchen Studien und was nicht?

00:54:32 Wolf-Peter Schill

Ich würde sagen, grundsätzlich ist das erstmal nicht falsch, auf solche Zeitreihen zu gucken und Zeitreihen zu analysieren.

00:54:39 Wolf-Peter Schill

Das ist eigentlich schon sinnvoll, um zu erfassen, welche Variabilität die erneuerbaren Energien eben haben.

00:54:45 Wolf-Peter Schill

Aber nicht alles, was man damit erfasst, würde ich sinnvoll als Dunkelflaute einordnen.

00:54:49 Wolf-Peter Schill

Wie gerade schon angedeutet, ich denke, es ist schlauer, die diesen Begriff Dunkelflaute oder Extremereignis zu reservieren für wirklich extreme Ereignisse, die eben lange sind und selten und nicht für diese typische Variabilität im Stromsystem, mit die ja auch schon lange bekannt ist und mit der man ja auch.

00:55:05 Wolf-Peter Schill

umgehen kann.

00:55:06 Martin Kittel

Das heißt, wir, wir stellen fest, man kann je nachdem, wie man jetzt diese Methodik aufstellt, verschiedene Variabilitäts, ja Muster erfassen und das Wichtige ist in dieser ganzen Debatte werden ja auch des Öfteren mal ja verschiedene Studien herangezogen und dann heißt es, , Uniper finden hat zum Beispiel diesen Befund, andere finden zum Beispiel diesen Befund und das Wichtige ist oder das, was, was wir gerne noch mitgeben wollen würden, ist, dass es wirklich wichtig ist,

00:55:33 Martin Kittel

die Methodik dabei mitzunennen.

00:55:35 Martin Kittel

Also, wie wurden diese Dunkelflauten identifiziert, einfach nur um einzuordnen, was guckt man sich hier eigentlich an.

00:55:42 Martin Kittel

Schauen wir uns hier sehr, sehr extreme, langanhaltende Dunkelflauten an.

00:55:46 Martin Kittel

Schauen wir uns eher kurzweilige Dunkelflauten an, die so ein strukturelles Merkmal von einer erneuerbaren Stromversorgung sind.

00:55:53 Martin Kittel

So, das muss man auf jeden Fall noch diesen Kontext muss man mitgeben, wenn man

00:55:58 Martin Kittel

über konkrete Ergebnisse einer Dunkelflautenanalyse spricht.

00:56:01 Wolf-Peter Schill

Und dann aus meiner Sicht vielleicht fast noch wichtiger der Punkt, wenn man so eine Analyse macht zur erneuerbaren Stromverfügbarkeit, dann kann man auf jeden Fall nicht davon ableiten, wie genau der Bedarf ist an irgendwelchen konkreten Technologien im Stromsystem der Zukunft, um damit umzugehen und insbesondere die Schlussfolgerung auf Basis dieser erneuerbaren Zeitreihenanalysen, dass wir jetzt ein

00:56:26 Wolf-Peter Schill

Neubau von einer bestimmten Menge von Gaskraftwerken brauchen würden, was ja nur eine von vielen Optionen ist, um damit umzugehen, der ist halt eigentlich nicht zulässig.

00:56:34 Wolf-Peter Schill

Da werden vielleicht auch mehr von der Presseabteilung als von den beteiligten Analysten einfach so ein bisschen Verknüpfungen gezogen, die aus meiner Sicht methodisch da auch nicht zulässig sind.

00:56:45 Wolf-Peter Schill

Also Analyse von erneuerbaren Zeitreihen ja, aber eine Schlussfolgerung zu ganz konkreten Technologiebedarfen, die sich daraus ableiten,

00:56:54 Wolf-Peter Schill

die sind eigentlich methodisch nicht zulässig.

00:56:56 Martin Kittel

Das ist wirklich wichtig, weil die Debatte ganz oft auf Basis von ganz konkreten Ergebnissen geführt wird und aber dieser Rückschluss methodisch einfach nicht unbedingt sinnvoll ist.

00:57:09 Wolf-Peter Schill

Ich glaube, an der Stelle können wir auch so ein bisschen eine Zusammenfassung über unsere ganze Folge mal versuchen und am Schluss noch mal so ein bisschen die wichtigsten Punkte zusammenfassen, die vielleicht die Hörerinnen, die sich

00:57:20 Wolf-Peter Schill

bis zu dieser Minute durchgekämpft haben, auch mitnehmen können.

00:57:24 Wolf-Peter Schill

Also ich fang mal an, grundsätzlich sprechen ganz viele Leute über Dunkelflaute in der Politik und noch in der Energiewirtschaft, aber immer noch gibt es praktisch keine wirklich einheitliche Definition dafür, was das genau ist und es gibt verschiedene Möglichkeiten, sie zu messen, aber auch noch keine so richtig klaren Favorit oder keine richtige Best Practice und das konnten wir auch in diesem Podcast jetzt natürlich nicht leisten, aber

00:57:50 Wolf-Peter Schill

Ich glaube, wir konnten auf jeden Fall aufzeigen, dass es verschiedene zulässige Methoden gibt, dieses Phänomen zu erfassen.

00:57:57 Wolf-Peter Schill

Die haben aber alle ihre Vor und Nachteile und die haben alle einen jeweiligen Kontext, den man eigentlich kennen muss, um die Ergebnisse, gerade quantitative Ergebnisse, wie oft, wie häufig, wie lang sind diese Ereignisse, um die wirklich einordnen zu können.

00:58:12 Wolf-Peter Schill

Das heißt bitte, wenn ihr Zahlen hört zum

00:58:16 Wolf-Peter Schill

Dunkelflauten, dass die so und so oft auftreten oder so und so lange sind, dann guckt immer genau hin, wie wurde das gemacht und in welchem Bezugsrahmen gelten diese Zahlen.

00:58:24 Martin Kittel

Also, wenn man jetzt noch mal kurz einordnen will, was man mit diesen Methoden zur Dunkelflautenanalyse überhaupt aussagen kann, diese Methoden haben durchaus ihre Berechtigung.

00:58:33 Martin Kittel

Man kann quasi das Phänomen der Dunkelflaute oder auch das Phänomen der kalten Dunkelflaute damit etwas greifbar machen.

00:58:40 Martin Kittel

Ja, das heißt, man kann erstmal die grundsätzliche Variabilität von

00:58:45 Martin Kittel

einer erneuerbaren Stromversorgung, aber auch die Variabilität von der Stromnachfrage und die Herausforderung, die damit einhergeht, diese beiden Sachen zusammenzubringen und auszugleichen, das kann man damit erfassen und quasi auch ein wenig greifbar machen, indem man eben dann ja zu Aussagen kommt, wie häufig treten denn jetzt zum Beispiel

kürzere Dunkelflauten auf, wie häufig treten Dunkelflauten auf, die länger anhalten, et cetera, et cetera.

00:59:13 Martin Kittel

Was man damit aber

00:59:14 Martin Kittel

eben wirklich nicht herausfinden kann, ist, was für Technologien braucht es, um mit diesen Dunkelflauten umzugehen.

00:59:21 Martin Kittel

Dafür braucht es einfach andere Methoden, ganz konkret Stromsektormodelle oder Energiesystemmodelle, die dann den Bedarf an verschiedenen Flexibilitätsoptionen auch bestimmen können, um mit diesen Dunkelflauten umzugehen.

00:59:36 Wolf-Peter Schill

Aber dazu muss man sagen, gibt es natürlich auch andere Studien, auch solche, die sich

00:59:41 Wolf-Peter Schill

auch aus unserer Arbeit hier ergeben, auch dazu hast du ja in deiner Dissen Paper gehabt, wie gesagt, dazu in einer künftigen Folge bald mehr, Stichwort da Langfristspeicher, wie viel brauchen wir um damit umzugehen, aber bevor wir dazu kommen, noch mal ganz am Ende Martin Dunkelflaute Kampfbegriff haben wir vorher schon ein bisschen anklingen lassen, Kampfbegriff gegen die Energiewende, wie wie ist deine Einschätzung, ist das jetzt wirklich ein Kampfbegriff oder ist das wirklich ein Phänomen, um das wir uns kümmern müssen, wie siehst du die Debatte, also

01:00:11 Martin Kittel

Dunkelflaute beschreibt ja erstmal einen ja wettergetriebenes Ereignis, wo wir einfach eine geringe Erzeugung aus Windkraft und Solarenergie haben und das kann man nicht wegreden.

01:00:23 Martin Kittel

Das heißt, diese Dunkelflauten sind ein realer Bestandteil des zukünftigen Energiesystems, auch schon des heutigen Energiesystems.

01:00:30 Martin Kittel

Und je höher eben der Anteil von den fluktuierenden Erneuerbaren an der Stromversorgung ist, desto relevanter wird das für das Energiesystem.

01:00:39 Martin Kittel

Es ist aber, wie ich auch schon gesagt hab, ein ja politisch und emotional aufgeladener Begriff, der oft verunglimpft wird und eben als Argument ins Land geführt wird gegen die Energiewende.

01:00:56 Martin Kittel

Ja, und als Argument ins ins Land geführt wird, dass die Energiewende überhaupt nicht gehen kann wegen dieser Variabilität und

01:01:03 Martin Kittel

Da sieht man aber, das ist in der Form nicht richtig.

01:01:06 Martin Kittel

Also, Dunkelflauten müssen jetzt kein Showstopper oder kein Hindernis sein für das Gelingen der Energiewende.

01:01:13 Martin Kittel

Aber man muss auch feststellen, dass die Methodik für die Dunkelflautenanalyse noch nicht am ja am Ende angekommen ist.

01:01:21 Martin Kittel

Das ist noch nicht der Wahrheit letzter Schluss.

01:01:23 Martin Kittel

Das heißt, da gibt es grundsätzlich noch weiteren Forschungsbedarf und man muss auch ja einfach die

01:01:30 Martin Kittel

Ergebnisse von verschiedenen Studien vielleicht auch erklären und einordnen, damit man wirklich versteht, was für Perioden hat man denn hier gefunden und wie treten die auf?

01:01:40 Wolf-Peter Schill

Das war jetzt ganz der Wissenschaftler am Ende von jedem Projekt und auch jedem Paper kann man natürlich immer sagen, weitere Forschung ist nötig.

01:01:46 Wolf-Peter Schill

Davon sind wir aber auch tatsächlich überzeugt, also dieses Phänomen gilt es weiter zu beforschen und insbesondere natürlich darum, gute Lösungen zu finden, wie man damit umgeht und kleiner Teaser,

01:01:58 Wolf-Peter Schill

Nicht nur wir, sondern auch viele andere Leute haben sich natürlich schon damit beschäftigt und es gibt Strategien.

01:02:04 Wolf-Peter Schill

Wie gesagt, dazu dann ein andermal mehr.

01:02:07 Wolf-Peter Schill

Gut, dann hoffe ich, wir konnten euch dieses ja doch komplexe Phänomen der Dunkelflauten ein bisschen näher bringen.

01:02:14 Wolf-Peter Schill

War, glaube ich, ein gewisses Experiment, so eine tiefe methodische Folge tatsächlich mal auf die Tonspur bringen.

01:02:20 Wolf-Peter Schill

Ich fand, du hast das super erklärt, Martin, und war toll, dass du dabei warst und wir hören dich hier bei uns infossilfrei dann bald wieder.

01:02:28 Wolf-Peter Schill

wenn wir darüber sprechen, wie viel Speicher wir brauchen für die Dunkelflauten.

01:02:31 Martin Kittel

Vielen Dank, hat Spaß gemacht.

01:02:32 Wolf-Peter Schill

Dann bis zum nächsten Mal, bleibt uns gewogen.

01:02:35 Wolf-Peter Schill

Wenn ihr fossilfrei mögt, gebt uns doch gerne eine gute Bewertung.

01:02:40 Wolf-Peter Schill

Dort, wo ihr diesen Podcast findet, könnt ihr uns auch gerne eine kleine Rezension schreiben.

01:02:45 Wolf-Peter Schill

Wir freuen uns auch ansonsten, wenn ihr mit uns in Kontakt tretet, zum Beispiel auf Social Media, auf welchem Kanal ihr auch immer uns findet, mich zum Beispiel unter @W.P.

01:02:53 Wolf-Peter Schill

Schill

01:02:54 Wolf-Peter Schill

Oder wenn ihr Fragen oder Anregungen habt, schreibt uns eine E-Mail ganz klassisch unter [fossilfrei@diw.de](mailto:fossilfrei@diw.de).

01:03:02 Wolf-Peter Schill

Dann bis zum nächsten Mal und viele Grüße.

01:03:05 Martin Kittel

Tschüss! Tschüss, macht's gut!