

Vortrag bei der Fachtagung Solidarische Ökonomie  
Bremen, 24.04.2010

# Einführung in das Konzept „Dynamischer Relativpreis“

Vorbemerkungen:

Für die Konvertierung in pdf musste der ansprechende Hintergrund-Farbverlauf durch eine einzige Farbe ersetzt werden.

Diese pdf-Datei ist in erster Linie gedacht für Teilnehmer eines Vortrags von Walter Schittek mit allen mündlichen Ausführungen und anschließender Diskussion.

Sie eignet sich aber auch, um einen ersten Überblick zu erhalten und dann gezielt in Details des Buches einzusteigen.

# Variable Stromtarife

# Brauchen wir variable Stromtarife überhaupt?

Durch den zunehmenden Ausbau fluktuierender Erzeugung ergeben sich folgende Perspektiven für die kommenden Jahre:

- Sekundärregelung, Minutenreserve und die Einplanung von Kraftwerkskapazitäten sind immer größeren Schwankungen ausgesetzt.
- Heutiges Demand-Side Management kommt an seine Grenzen.

Variable Stromtarife sind zur stärkeren Annäherung der Nachfrage an das Angebot unbedingt erforderlich.



## Vorteile variabler Stromtarife

- Für die Stromkunden entsteht ein hoher Anreiz, die Nachfrage an das Angebot anzupassen.
- Für die Betreiber steuerbarer Erzeugungsanlagen (auch Blockheizkraftwerke, abgestellte Elektroautos) entsteht ein Anreiz, zum Ausgleich von Angebotsengpässen beizutragen.
- Insgesamt wird weniger steuerbare Erzeugungsleistung (Kraftwerke) benötigt als bei festem Strompreis.

# Lastsprünge an der Viertelstunden-Grenze

Die folgenden Ausführungen können das Lesen des Artikels „Lastsprünge an der Viertelstunden-Grenze“ nicht ersetzen, siehe <http://www.staff.uni-marburg.de/~schittek/Viertelstunden-Lastwechsel.pdf>

# Warum sind automatische Reaktionen von Verbrauchersseite unvermeidlich?

Wenn bei komplexen variablen Tarifen 6 oder 10 Preisveränderungen pro Tag stattfinden,

- müssen die Stromkunden täglich Zeit aufwenden, um sich damit auseinanderzusetzen.
- arbeiten herkömmliche Kühl- und Gefrierschränke (und gewerbliche Anlagen) unnötig teuer.
- haben die Kunden deshalb ein großes Interesse an automatischen Reaktionen ihrer Geräte.
- werden automatische Reaktionen – z.B. per digitalSTROM<sup>®</sup> – zur Not auch gegen den Willen der Versorger bundes-/europaweit realisiert.

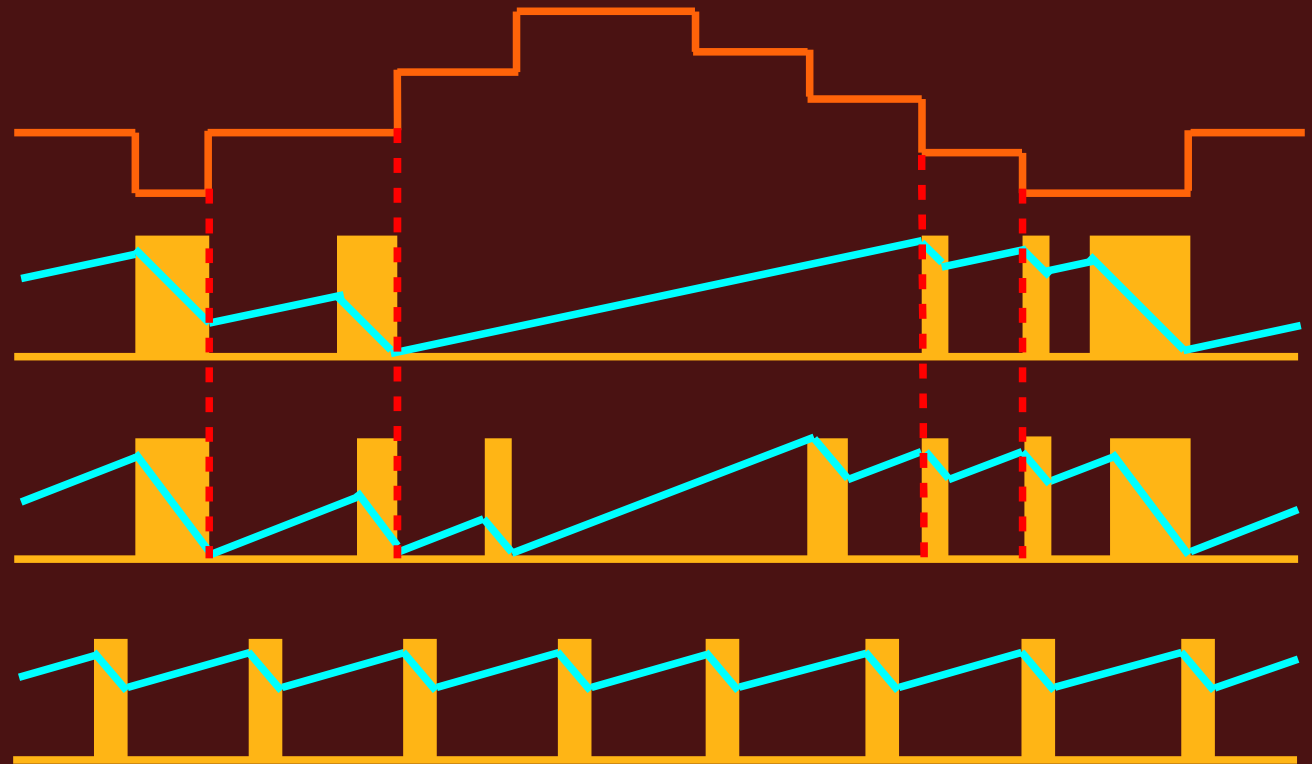
# Wie sparen Kühlschränke am besten Stromkosten?

Preisverlauf

Voller  
Kühlschrank

Fast leerer  
Kühlschrank

Herkömmlicher  
Kühlschrank



Fazit: Mehrmals pro Woche schaltet deutlich mehr als die Hälfte aller Kühl- und Gefriergeräte und -anlagen gleichzeitig in dieselbe Richtung.

# Wie groß kann die Summe aller Lastsprünge werden? (1)

Vorsichtige Annahmen:

- 40 Mio Haushalte in Deutschland mit je 1 Kühl-/Gefriergerät mit je 80 W Nennleistung: 3,2 GW.
- Gesamtleistung aller gewerblichen Kühl-/Gefriergeräte und -anlagen am Stromnetz: 1,8 GW.
- Mehrmals pro Woche schalten mindestens 60 % dieser Geräte/Anlagen gleichzeitig.

Zwischenergebnis:

- Aus 5 GW Gesamtleistung in Deutschland ergibt sich ein Gesamt-Lastsprung von 3...5 GW.

(Die europäische Primärregelreserve beträgt 3 GW.)



# Wie groß kann die Summe aller Lastsprünge werden? (2)

Es gibt ja nicht nur die deutschen Kühlschränke ...

- Alle europäischen Kühl-/Gefriergeräte und -anlagen zusammen erzeugen einen ca. 4x so großen Lastsprung: 12 GW.
- Elektrische Warmwasserbereiter mit Vorratsspeicher, Speicherheizungen, Elektroautos usw. haben jeweils eine Nennleistung von mehreren kW. Wenn nur jeder 50. der 450 Mio. Einwohner im Bereich des europäischen Verbundnetzes (ehem. UCTE-Gebiet) ein 2-kW-Gerät hat, ergibt sich ein Lastsprung von 18 GW.

# Wie groß kann die Summe aller Lastsprünge werden? (3)

Ergebnis:

*Nach dauerhafter Einführung komplexer variabler Tarife mit überwiegend korrelierten Preissprüngen muss damit gerechnet werden, dass europaweit Gesamt-Lastsprünge von z.B. 30 GW (20...100 GW) entstehen, wenn alle in Frage kommenden Arten von Geräten/Anlagen automatisch auf Preisveränderungen reagieren.*

(Tolerabel wären Lastsprünge deutlich unter 1 GW.)

# Lösungsansätze

Es gibt einige denkbare Lösungsansätze für die Problematik, z.B.:

- Zufällige Variation des Schaltzeitpunkts.
- Ent-korrelierte Preisbewegungen.
- Unterschiedliche Viertelstundenrhythmen.
- Kürzere Zeitabstände, z.B. 5/3/1 Min.

Die meisten dieser Lösungsansätze haben Nachteile bzw. schaffen neue Probleme.

Es erscheint kaum vorstellbar, dass Tarifmodelle mit nicht-kontinuierlichem Preisverlauf dauerhaft einsetzbar sind.

## Fazit

Wenn seriös über Tarifmodelle mit Viertelstundengrenze gesprochen wird, sollte immer auch deutlich darauf hingewiesen werden,

- dass das Thema Lastsprünge existiert.
- dass ggf. angeführte Lösungsansätze möglicherweise nicht zu einer dauerhaften Lösung führen.
- dass ohne gründliche Untersuchungen nicht ausgeschlossen werden kann, dass Tarifmodelle mit nicht-kontinuierlichem Preisverlauf generell keinen dauerhaften Bestand haben können.

Solche klaren Worte waren vor 2010 nicht zu hören.

# Integriertes Angebot- Nachfrage-Management

# Status Quo / Perspektive

Heute bzw. perspektivisch gibt es nebeneinander folgende Instrumente zum Management von Angebot und Nachfrage:

- Die Einplanung von Erzeugungsleistungen.
- Die Leistungs-Frequenz-Regelung.
- Demand-Side Management, z.B. anreizbasiert.
- Variable Tarifmodelle (ohne Verknüpfung mit der Sekundärregelung).

Letztlich muss die Leistungs-Frequenz-Regelung alle Nebenwirkungen der anderen Bestandteile ausgleichen.

# Ein integriertes Angebot-Nachfrage- Managementsystem ...

... regelt Angebot und Nachfrage aus einem Guss, mit folgenden Vorteilen:

- Es wirkt nicht als potenzieller Störfaktor für Primär- und Sekundärregelung, sondern arbeitet integriert in die Leistungs-Frequenz-Regelung.
- Es hat keine „Angst“ vor maximalen automatischen Reaktionen, sondern läuft dabei zur Höchstform auf.
- Wenn alle Beteiligten bei Erzeugung und Verbrauch maximal einbezogen werden, erfüllt es seine Aufgabe ideal: Besser geht's nicht.

# Wie hoch muss der Strompreis steigen?

Extrembeispiel: Wenn jeden Abend von 18-19 Uhr der Strom 1000x so teuer wäre wie normal, ...  
... würde der Verbrauch nahezu auf null sinken.  
Durch überschlägige Berechnung unter Zuhilfenahme der Preiselastizität lässt sich abschätzen:

*Bei idealem Angebot-Nachfrage-Management dürfte eine nach heutigen Maßstäben berechnete gesicherte Leistung auf ca. 50 % reduziert werden. Der Strompreis ginge dabei nur sehr selten über das Dreifache seines normalen Wertes hinaus.*



# Dynamische Preisbildung – Versuch einer Definition

Ideales integriertes Angebot-Nachfrage-Management kann z.B. durch einen variablen Strompreis mit dynamischer Preisbildung realisiert werden.

Definition:

Eine dynamische Preisbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der grundsätzliche Preisbildungsmechanismus auch dann ohne Nachteile unverändert beibehalten werden kann, wenn alle (!) in Frage kommenden Anlagen und Geräte auf die Preisinformation automatisch reagieren.

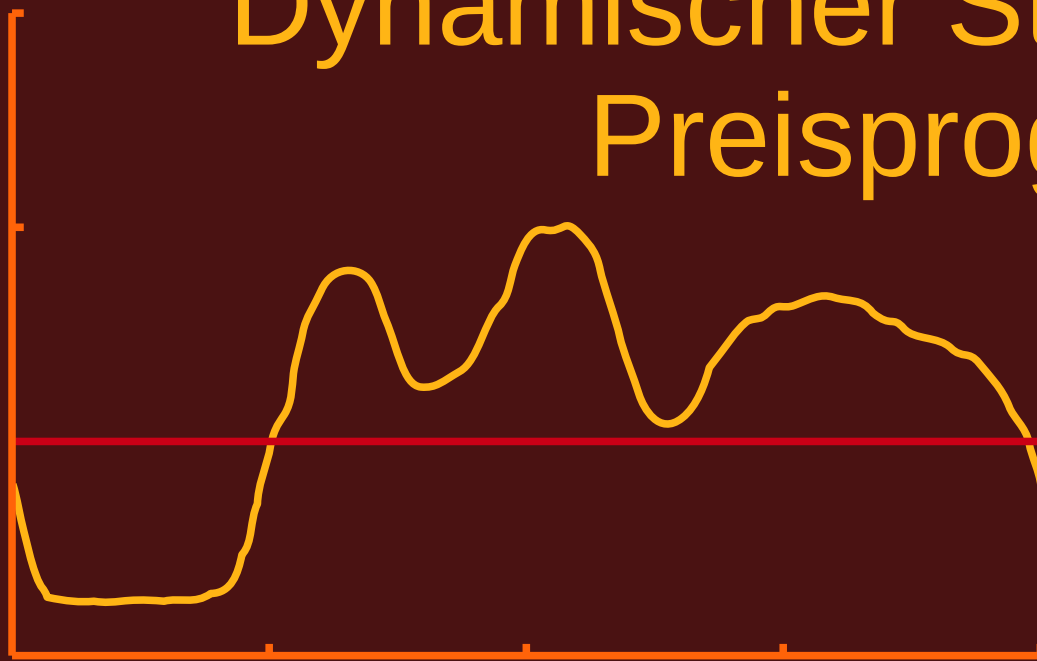
Hieraus ergeben sich mehrere Anforderungen.

# Anforderungen an eine dynamische Preisbildung

- Anpassung des Preises an die Momentansituation.
- Ausreichend häufige Neuermittlung des Preises.
- Für sanfte und verhältnismäßige automatische Reaktionen müssen Vorgaben gemacht werden.
- Kein missbrauchbar fester Rhythmus der Neuermittlung.

# Das Konzept „Dynamischer Relativpreis“

# Dynamischer Strompreis mit Preisprognose



Unterschiede zu gängigen Preismodellen:

- Preisprognose statt vorherige Festlegung

- relative Preisangabe (z.B. 80 %) statt Ct/kWh
- einheitliche quasi-kontinuierliche Preisanpassung
- grafische Darstellung des Preisverlaufs statt Tabelle mit Tarifzeiten.
- größtmögliche Verknüpfung mit der Sekundärregelung

# Basispreis und Relativpreis

Der bisherige feste Arbeitspreis in Ct pro kWh heißt zukünftig „Basispreis“ und wird wie bisher im Vertrag mit dem EVU festgelegt.

Dies gilt auf Verbrauchs- und Erzeugungsseite.

Der relative Strompreis (kurz: Relativpreis), der z.B. im Bereich 20...300 % schwanken kann, dient als momentaner Faktor für den Basispreis.

In allen am Relativpreis-System teilnehmenden Ländern des europäischen Verbundnetzes wird der Relativpreis landesweit einheitlich nach definierten Vorgaben kontinuierlich ermittelt.

## Der Durchschnitts-Relativpreis

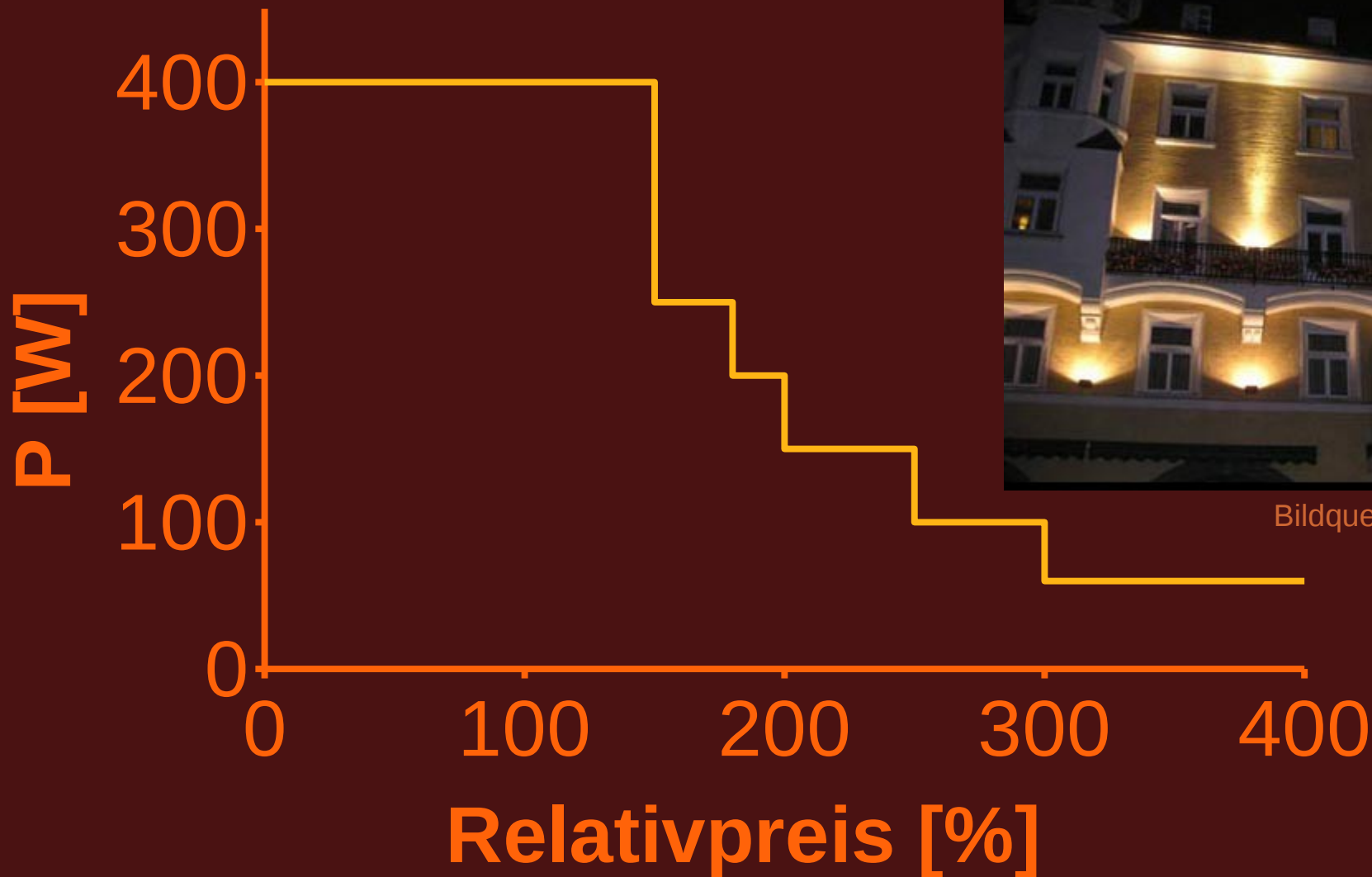
*Der durchschnittliche Privat-Stromkunde zahlt für seinen Strom im Mittel einen relativen Strompreis von (max.) 100 %, kann also mit dem Basispreis kalkulieren.*

Durchschnittlich bedeutet: Geräteausstattung, -nutzung und Sparverhalten sind durchschnittlich. **Diese Forderung gehört unumstößlich zum Relativpreis-Konzept.** Sie wird bei Bedarf auf wirtschaftlichem Wege bei den EVUs durchgesetzt.

Die Stromkonzerne können sie u.a. durch passende Steuerung ihrer Kraftwerke zielgenau erfüllen.

# Einbeziehung der Verbrauchsseite

# Automatische Reaktionen bei Haushalten und Gewerbe (1)



Bildquelle: [www.tekkto.com](http://www.tekkto.com)



# Automatische Reaktionen bei Haushalten und Gewerbe (2)

Jedes neu entwickelte Gerät hat eine intelligente Steuerung, die für möglichst niedrige Stromkosten sorgt – ohne nennenswerte Einschränkung der Gerätefunktion, solange keine Netzstörung vorliegt.

Wenn ein Benutzer mit den Standardvorgaben für das automatische Sparen nicht einverstanden ist, kann er eigene Vorgaben einstellen.

Für langlebige Altgeräte („weiße Ware“) gibt es intelligente Zwischensteckdosen, die die preisabhängige Steuerung fast genauso gut erledigen.

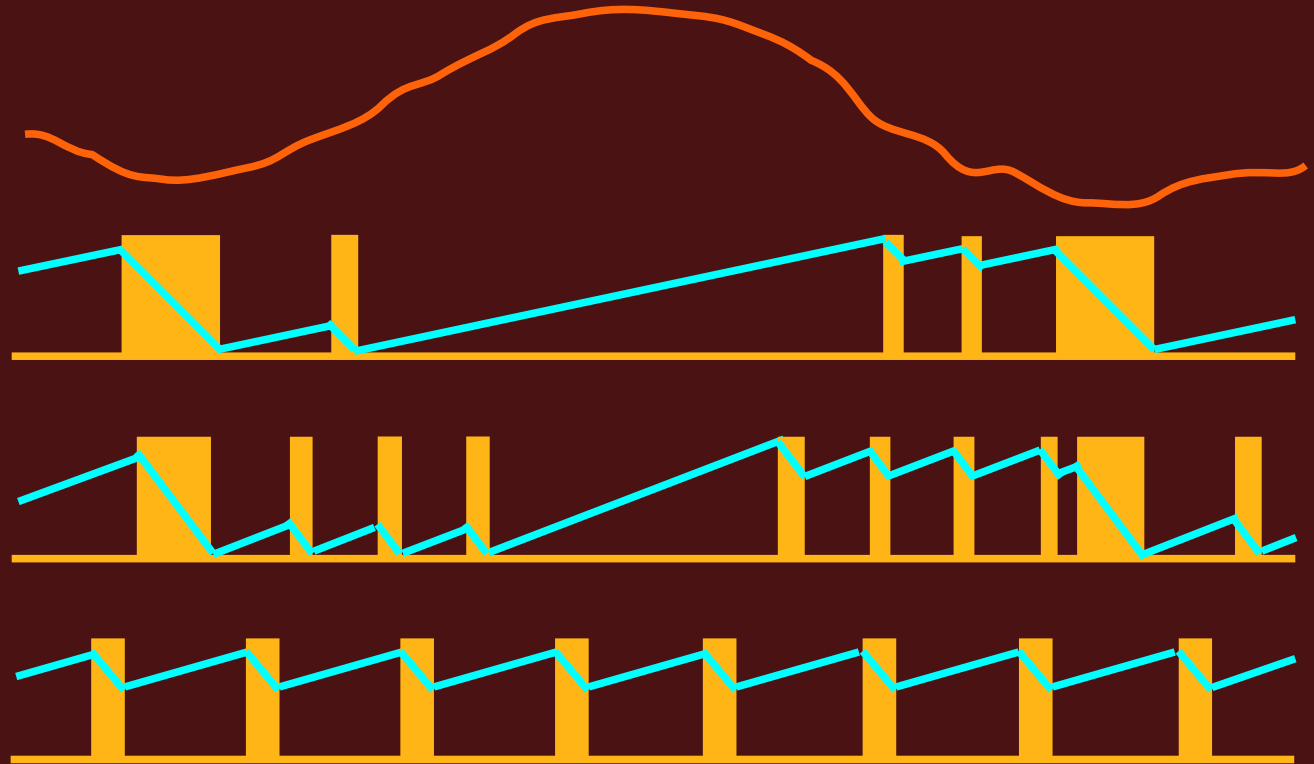
# Beispiel: Kühl- und Gefriergeräte

Preisverlauf

Voller  
Kühlschrank

Fast leerer  
Kühlschrank

Herkömmlicher  
Kühlschrank



Es gibt keine zwangsläufigen Gleichzeitigkeiten.  
Mit phase change materials wird es denkbar, dass  
ein Kühlgerät fast nur nachts Kühlleistung braucht.

Details: im Buch 2.3.2, sowie  
Artikel „Lastsprünge ...“ 2.2

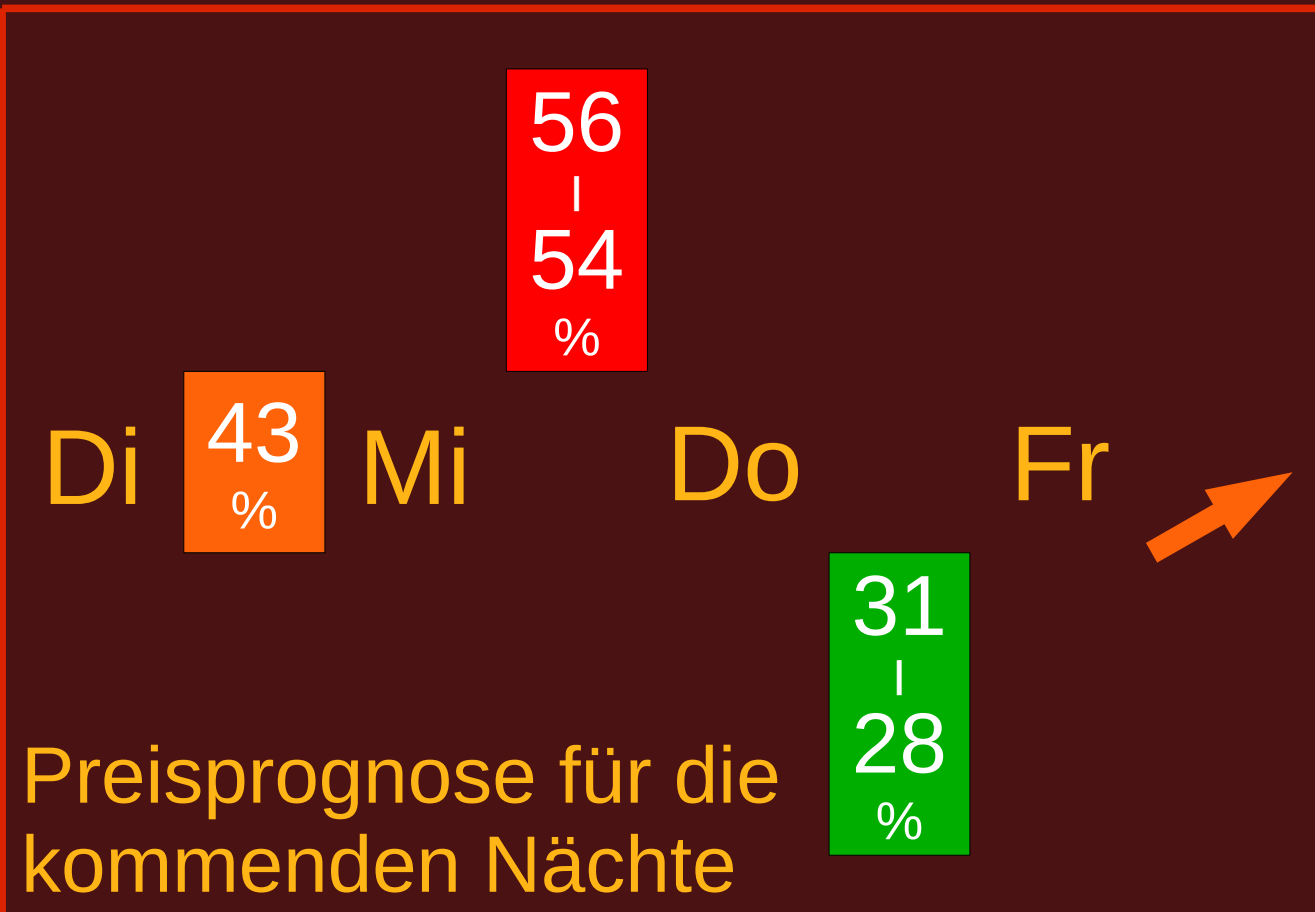
# Beispiel: Waschmaschine und Spülmaschine

Per Drehknopf wird die späteste Ende-Zeit vorgegeben.

ben.

Dabei sieht man direkt die voraussichtliche Ersparnis gegenüber dem Sofortstart.

Die Maschine sucht sich selbst die billigste Zeit.



# Aufsuchen von Preisminima

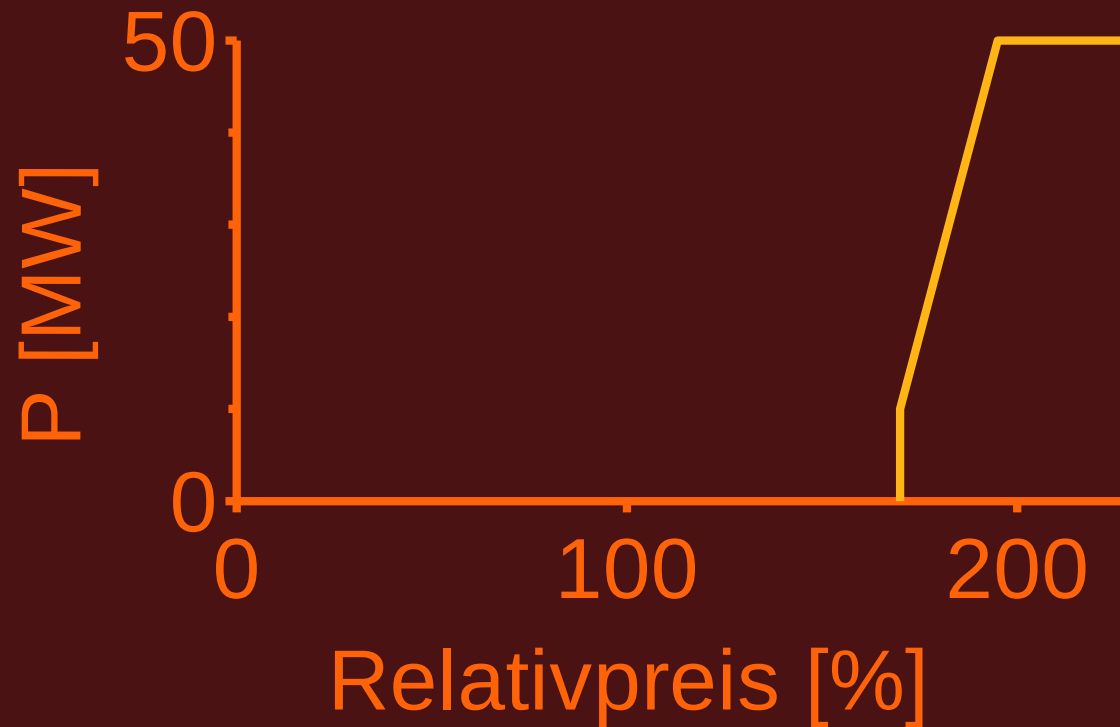


Die Betriebsdauer aller Geräte, die auf das Preisminimum warten, soll so gleichmäßig verteilt werden, dass sich das gewünschte konstante Preisminimum tatsächlich ergibt.

Der Startzeitpunkt jedes Geräts ergibt sich aus der Zufallszahl  $z$ , der Schwankungsunempfindlichkeit  $SU$  (Steigung der Geraden) und dem Preisverlauf.

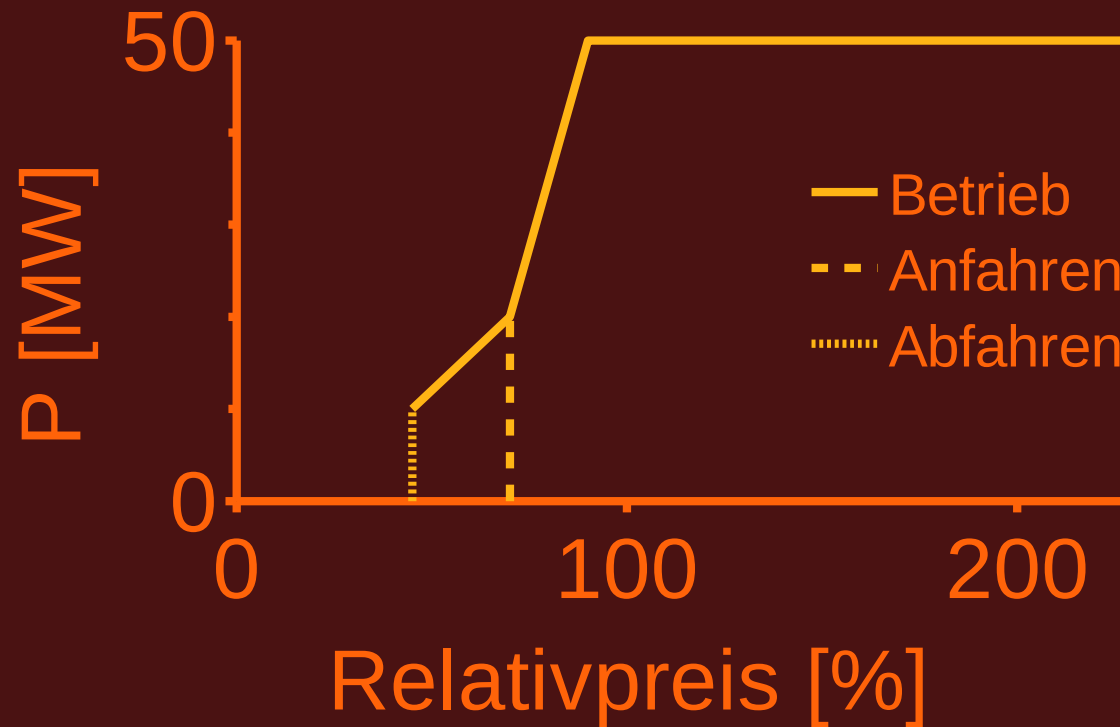
# Einbeziehung der Erzeugungsseite

# Relativpreis-gesteuerte Erzeugungsanlagen (1)



Beispiel: Eine 50-MW-Anlage für teure Zeiten.

# Relativpreis-gesteuerte Erzeugungsanlagen (2)



Beispiel: Eine 50-MW-Anlage, die fast immer läuft.

# Möglichkeiten der Relativpreis- Steuerung

Der Betreiber einer steuerbaren Erzeugungsanlage entscheidet,

- ob,
- zu welchem Anteil,
- mit welcher (beliebig komplexen) Abhängigkeit sie relativpreisgesteuert arbeiten soll.

Diese Vorgaben können bei Bedarf beliebig häufig verändert werden.

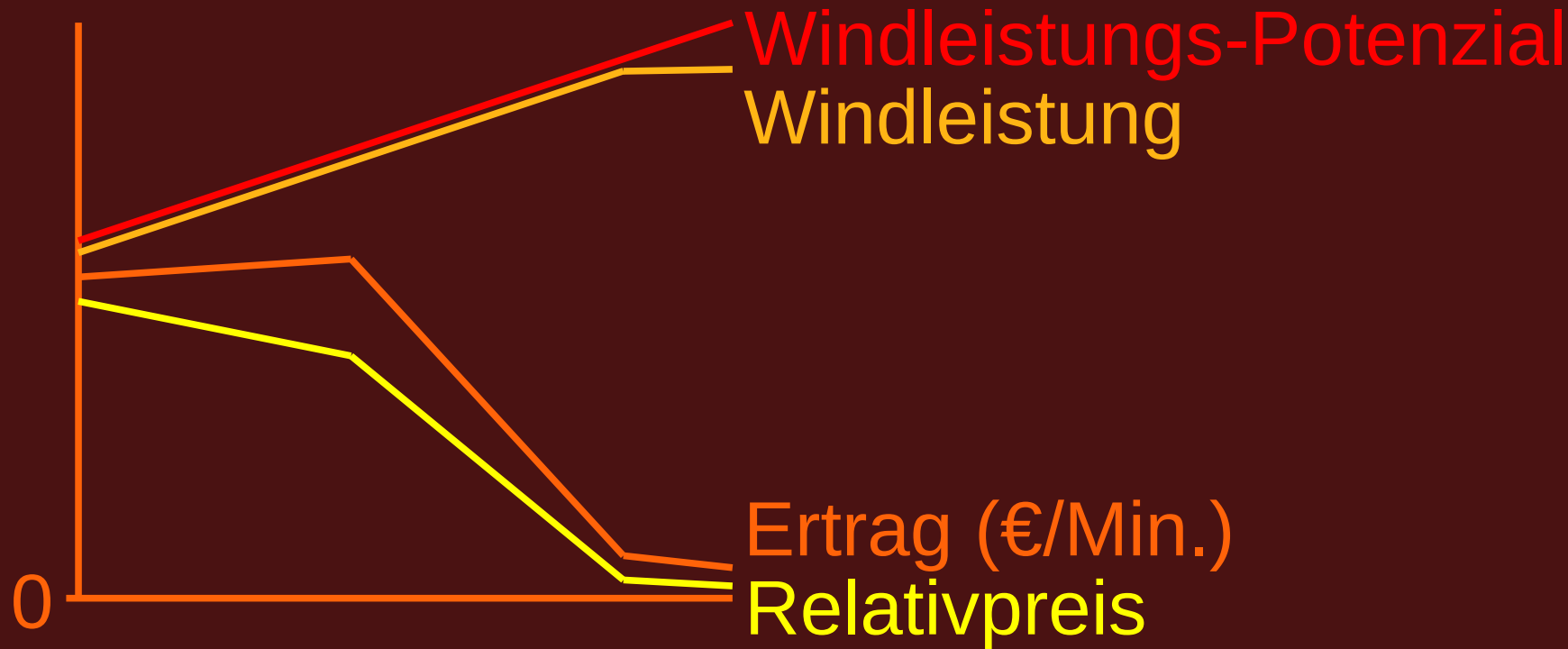


# Verteilte Erzeugung – vielfältig!

Als steuerbare Erzeugungsanlagen zählen auch:

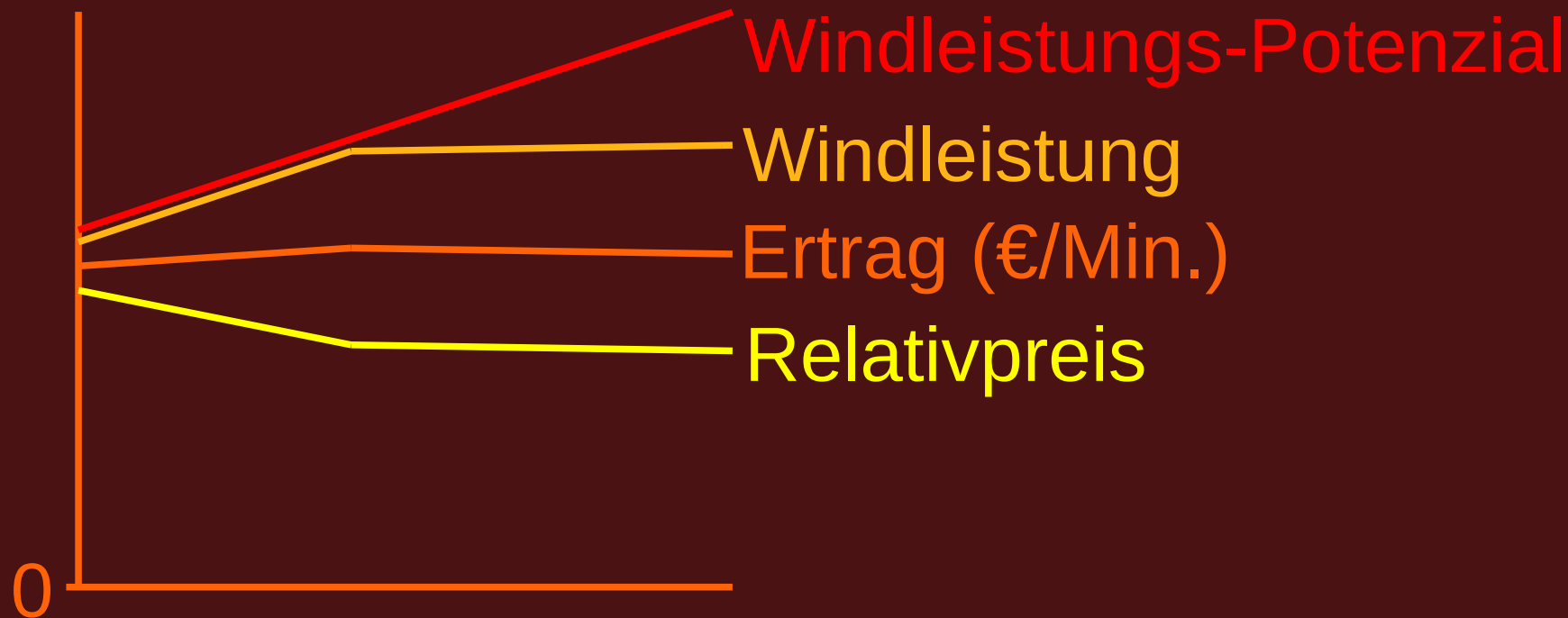
- Blockheizkraftwerke jeder Größe. Bei einem Relativpreis über z.B. 250 % arbeiten sie nicht mehr wärmegeführt, sondern stromgeführt.
- Abgestellte Elektro-Pkw und -Nutzfahrzeuge. Bei einem Relativpreis über z.B. 200 % speisen sie ins Netz ein. Der Nutzer gibt vor, wie viel Restladung in welcher Situation erhalten bleiben muss.

# Windkraft als Preiskiller? (1)



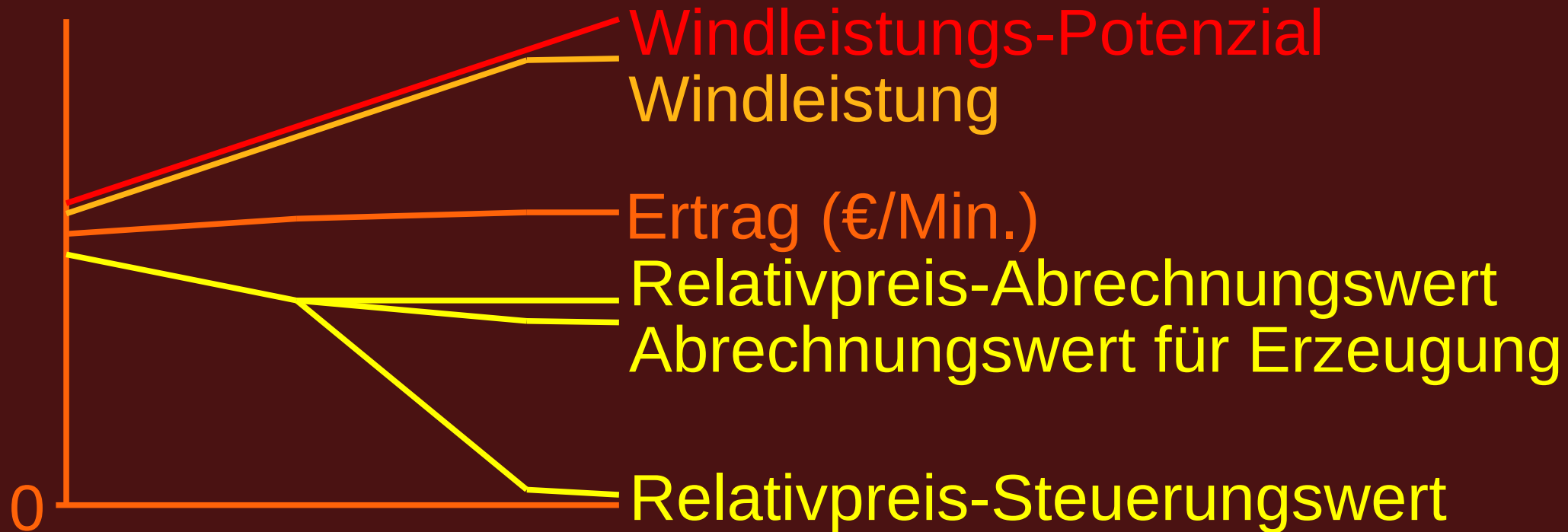
Unterhalb von z.B. 20 % Relativpreis gibt es nur wenig zusätzliche Nachfrage, z.B. Wasserstoff-Erzeugung, Wärme aus Strom. Weiter steigende Windleistungen würden den Ertrag drücken.

## Windkraft als Preiskiller? (2)



Eine Absprache aller WKA-Betreiber, ihre Anlagen unterhalb 20 % Relativpreis abzuregeln, würde ihre Erträge sichern. Aber zukünftig enorme regenerative Ressourcen ungenutzt lassen.

# Windkraft als Preiskiller? (3)



Lösung: Preisdifferenzierung mit Selbstselektion.  
 Die Preisregion 20...1 % Relativpreis steht nur Sondervertragskunden für zusätzliche Lasten offen, die nur in diesem Preisbereich eingeschaltet werden.

# Die virtuelle Sekundärregelung (ganz grob)

# Woran orientiert sich der Relativpreis?

Preis	Nachfrage		
Angebot	hoch	mittel	niedrig
hoch	normal	billig	sehr billig
mittel	teuer	normal	billig
niedrig	sehr teuer	teuer	normal

Der Relativpreis orientiert sich scheinbar an der relativen Auslastung aller steuerbaren Erzeugungsanlagen.

In Wirklichkeit ist es genau umgekehrt.

# Das Prinzip der virtuellen Sekundärregelung (ganz grob)

Mindestens ein Teil der steuerbaren Erzeugungsanlagen (z.B. 30 %) wird zukünftig Relativpreisabhängig gesteuert (nach Belieben des Betreibers).

Die bisherige Steuergröße der Sekundärregelung (je Regelzone) dient jetzt nur noch zur Anpassung des Relativpreises.

Dies geschieht für die Erzeugungsseite je Regelzone, für die Verbrauchsseite bundesweit einheitlich. Somit verändert sich der Strompreis immer dann in die richtige Richtung, wenn ein Leistungsungleichgewicht auszugleichen ist.

# Der Relativpreis als neue Steuergröße

Alle automatisch auf den Strompreis reagierenden Verbrauchsgeräte und -anlagen werden so in die Sekundärregelung einbezogen.

Je stärker neben der Verbrauchsseite auch die Erzeugungsseite auf Preisveränderungen reagiert, desto geringer fallen die nötigen Preisvariationen aus.

Bei allen nicht direkt Relativpreis-abhängig gesteuerten Erzeugungsanlagen sorgt der Relativpreis (bzw. Nachfrageprognosen) indirekt für eine passende Steuerung, zumindest in den Extremlagen.



# Die Relativpreis-Ermittlung und die virtuelle Sekundärregelung ...

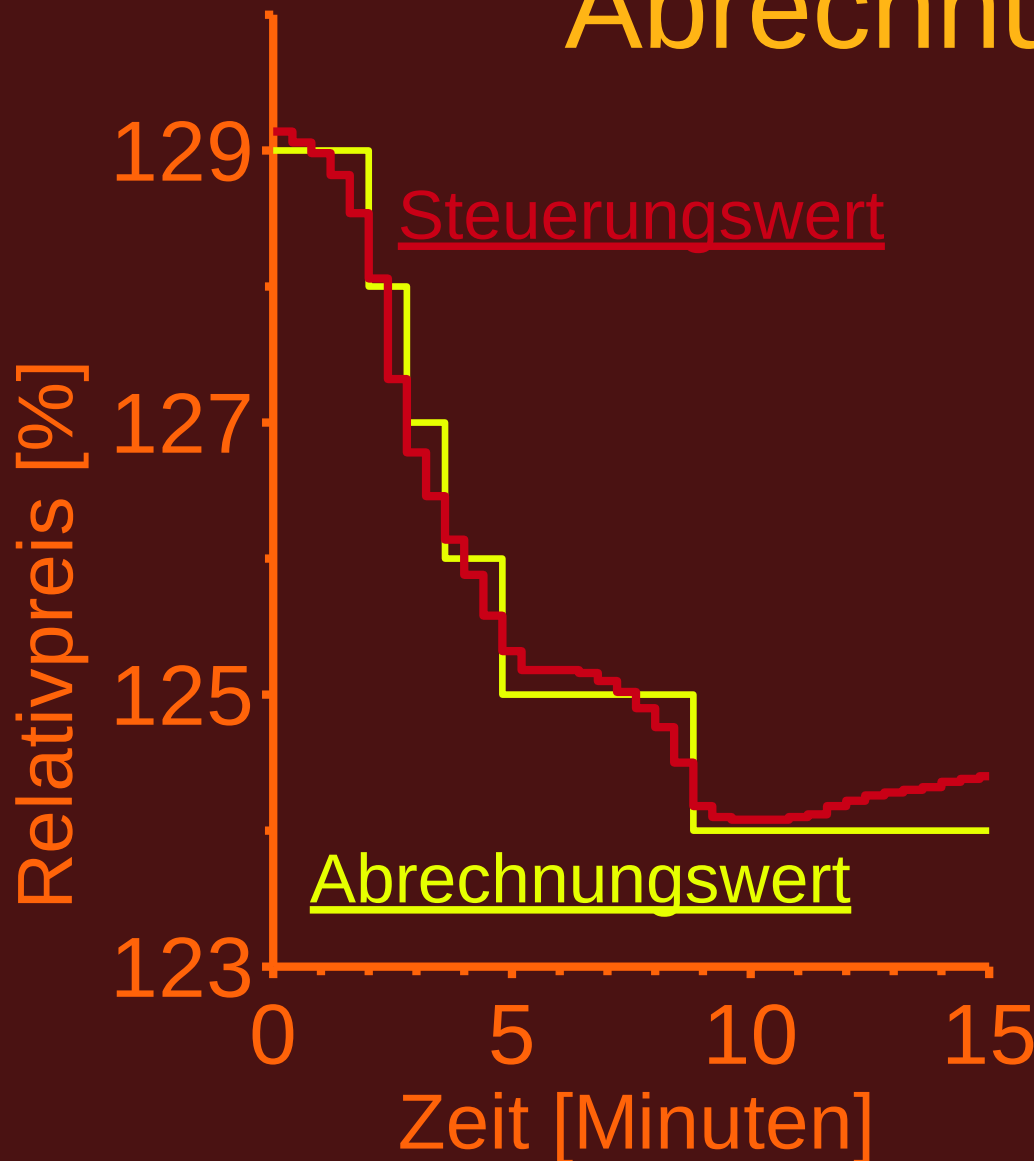
... sind wie zwei Seiten derselben Medaille.

Der Relativpreis ist zugleich

- die Steuergröße für große Teile der Erzeugungs- und Verbrauchsseite.
- die nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimal gewählte Abrechnungsgröße für die Erzeugungs- und die Verbrauchsseite. Und sogar für Austauschleistungen zwischen Regelzonen.

# Technische Vorgaben

# Steuerungswert und Abrechnungswert

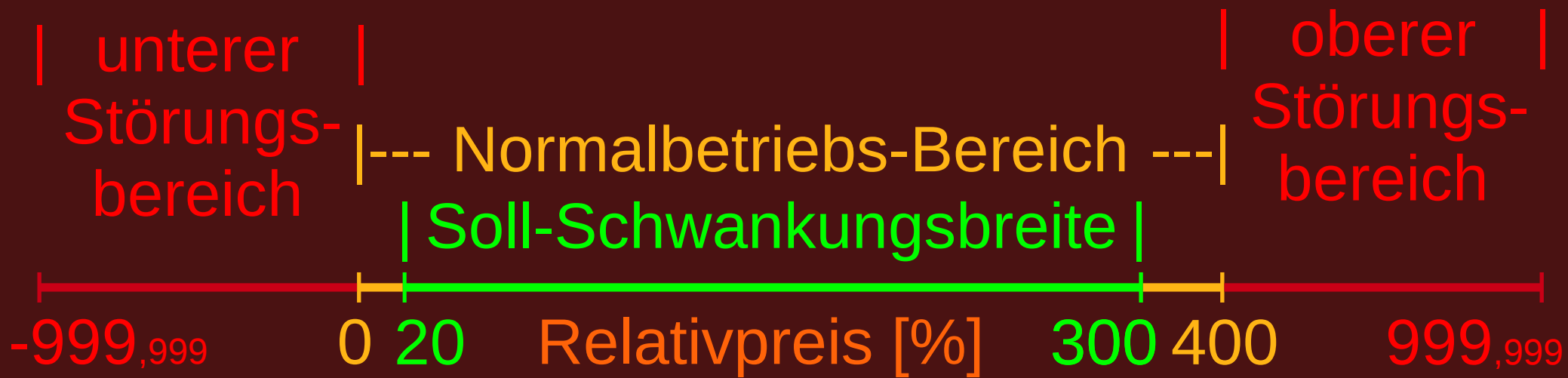


Der **Steuerungswert** hat drei Nachkommastellen, z.B. 125,183 %.

Der **Abrechnungswert** wird aus dem Steuerungswert gemittelt und dann als Ganzzahl gerundet, z.B. 125 %.

Der Abrechnungswert darf nicht zur aut. Steuerung verwendet werden.

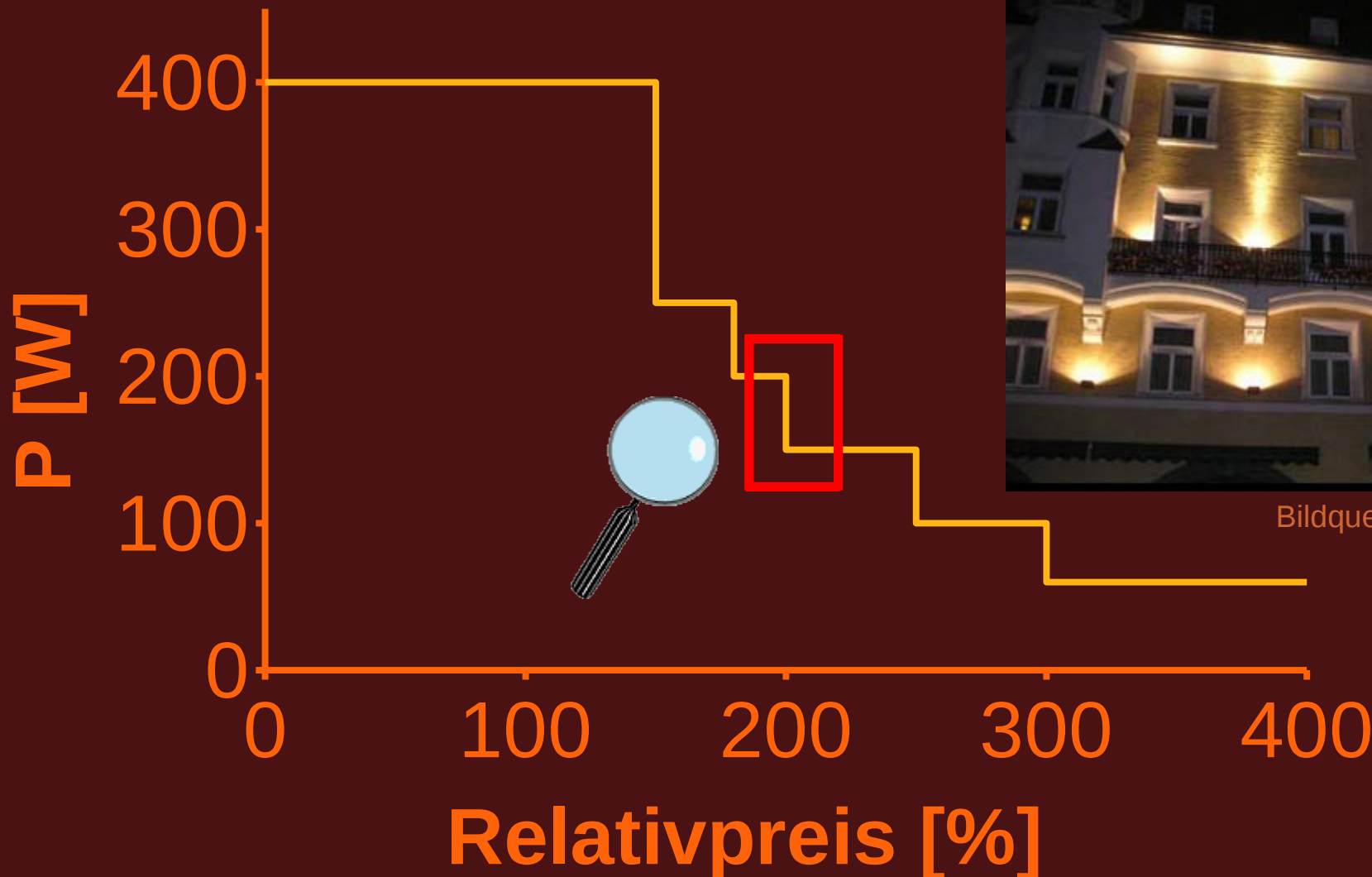
# Die Soll-Schwankungsbreite



Innerhalb der Soll-Schwankungsbreite verändern sich Steuerungs- und Abrechnungswert gemeinsam (außer bei regionalen Störungen).

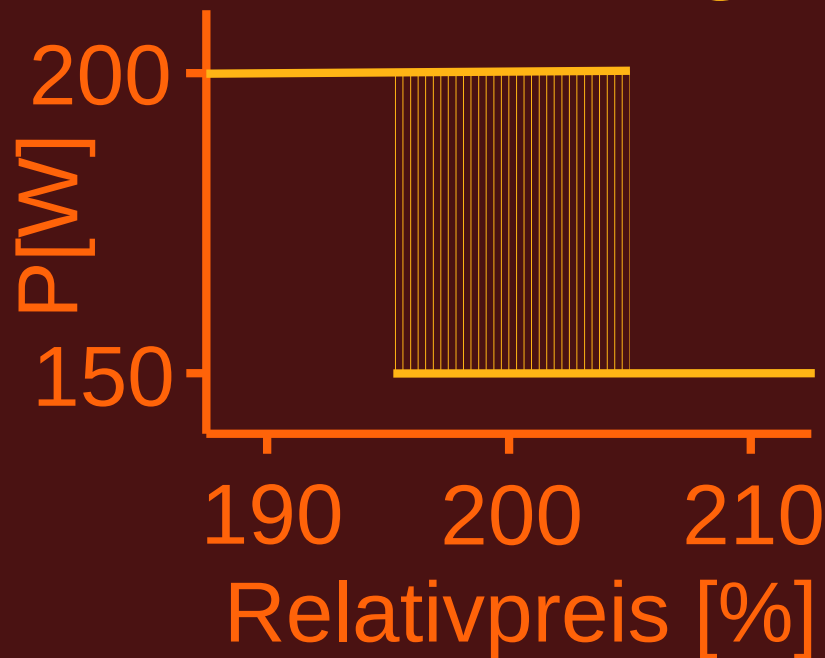
Nur der Steuerungs- und Abrechnungswert bewegt sich bei Bedarf aus dem Soll-Schwankungsbereich heraus.

# Zufallsvariation und zufällige Verzögerung (1)

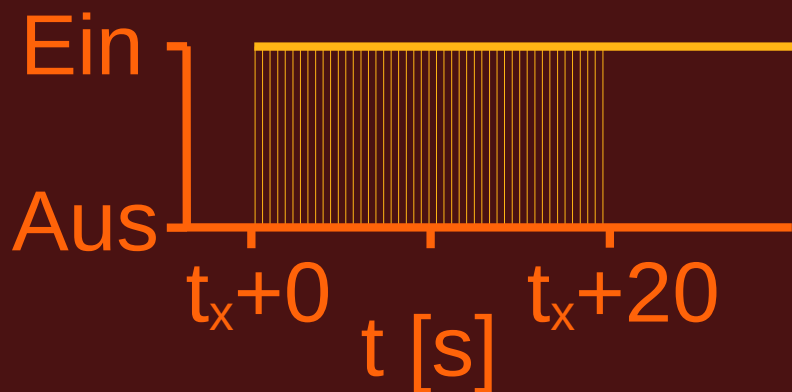


Bildquelle: [www.tekkto.com](http://www.tekkto.com)

# Zufallsvariation und zufällige Verzögerung (2)



Relativpreis-Schaltschwellen von Verbrauchern haben immer eine Zufalls-Variation.



Bei Erreichen einer Relativpreis-abhängigen Schaltbedingung wird immer eine Zufallsverzögerung angewendet.

# Vorbeugung von Störungen

- Alle steuerbaren Erzeugungsanlagen – auch die normalerweise nicht Relativpreis-gesteuerten – müssen bei Relativpreisen oberhalb der Soll-Schwankungsbreite ihre Leistung in Abhängigkeit vom Relativpreis steigern.
- Steuerbare und fluktuierende Erzeugungsanlagen dürfen nur bei Relativpreisen oberhalb von 0 % Leistung in Netz liefern.  
Einzigste Ausnahme: An der Primärregelung beteiligte Anlagen müssen immer Leistung liefern.

# Störungsmanagement



# Versorgungssicherheit versus Komfort-Beeinträchtigung

Alle Geräte und Anlagen reagieren von selbst auf Relativpreis-Steuerungswerte im Störungsbereich.

Das Relativpreis-System ist praktisch nicht an die Grenze zu bringen.

*Ob (neben der fluktuierenden) die steuerbare Erzeugung ausreichend bemessen ist, orientiert sich nicht mehr am Überlast-Risiko, sondern an der gering zu haltenden Wahrscheinlichkeit unzumutbarer Funktionsbeeinträchtigungen auf Verbrauchsseite.*



# Bereiche des Störungsmanagements

- Bei Überlast-Störungen (Relativpreis-Steuerungswerte  $> 400\%$ ) erfolgen abgestufte automatische Reaktionen aller Arten von Geräten.
- Bei Unterlast- (Überfrequenz-) Störungen mit Relativpreis-Steuerungswerten  $< 0\%$  erfolgen abgestufte automatische Reaktionen z.B. von Beleuchtungsanlagen (Abrechnungswert =  $0\%$ ).
- Bei regionalen Störungen (drohende Abschaltung überlasteter Hoch-/Höchstspannungsleitungen) werden regional abweichende Relativpreis-Steuerungswerte ausgegeben.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Alle Informationen und pdf-Texte sind kostenlos verfügbar  
auf der Seite

[http://www.staff.uni-marburg.de/~schittek/buch\\_strom.html](http://www.staff.uni-marburg.de/~schittek/buch_strom.html)

Der Suchbegriff „Dynamischer Relativpreis“ in einer  
Suchmaschine führt auch zum Ziel.