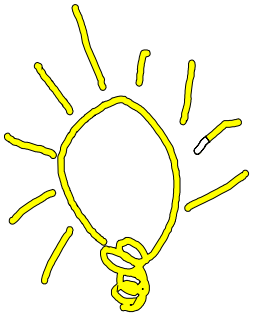
Umweltfreundliche Energieanlagen

Klaus-Wilhelm Köln
UfEGmbH
Joachim-Jungius-Str.9
18059 Rostock
Tel. 0381 4059705 Fax 4059703 e-mail klaus.koeln@ufegmbh.de

Dezentrale Stromerzeugung im Netz
Visionen und Albträume



Dezentrale Regenerative Energieversorgungsanlagen: technische und wirtschaftliche **I**ntegration in den **N**etzbetrieb und **A**npassung von **R**ahmenbedingungen

DINAR

Kick-Off- Meeeting am 18.11.2003 beim ISET in Kassel

Nightmare Nr 1

Der Homo Sapiens setzt sich durch,
Die Menschen verweigern die Konsumentenrolle.

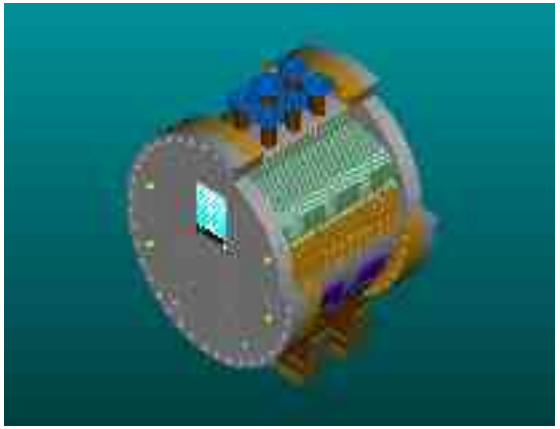
Eine Energieversorgung im klassischen Sinne ist nicht mehr nötig.
Passivhäuser werden nicht geheizt. Die noch nötige Energie kommt vom Dach.

Wenn es doch etwas kalt wird, hilft ein Pullover.

Wer mit eigener Kraft mobil ist, zahlt weniger Krankenversicherung.

Effiziente, batteriebetriebene Zweiräder mit Radnabenmotor brauchen erstaunlich wenig Energie, Diese läßt sich auch durch die Solarmodule auf dem Dach bereitstellen. Mit LI-Ionene-Akkus sind reichweiten von über 100km möglich.

Wer faul ist zahlt etwas mehr, braucht aber noch lange kein Benzin und auch nicht unbedingt ein Stromnetz.

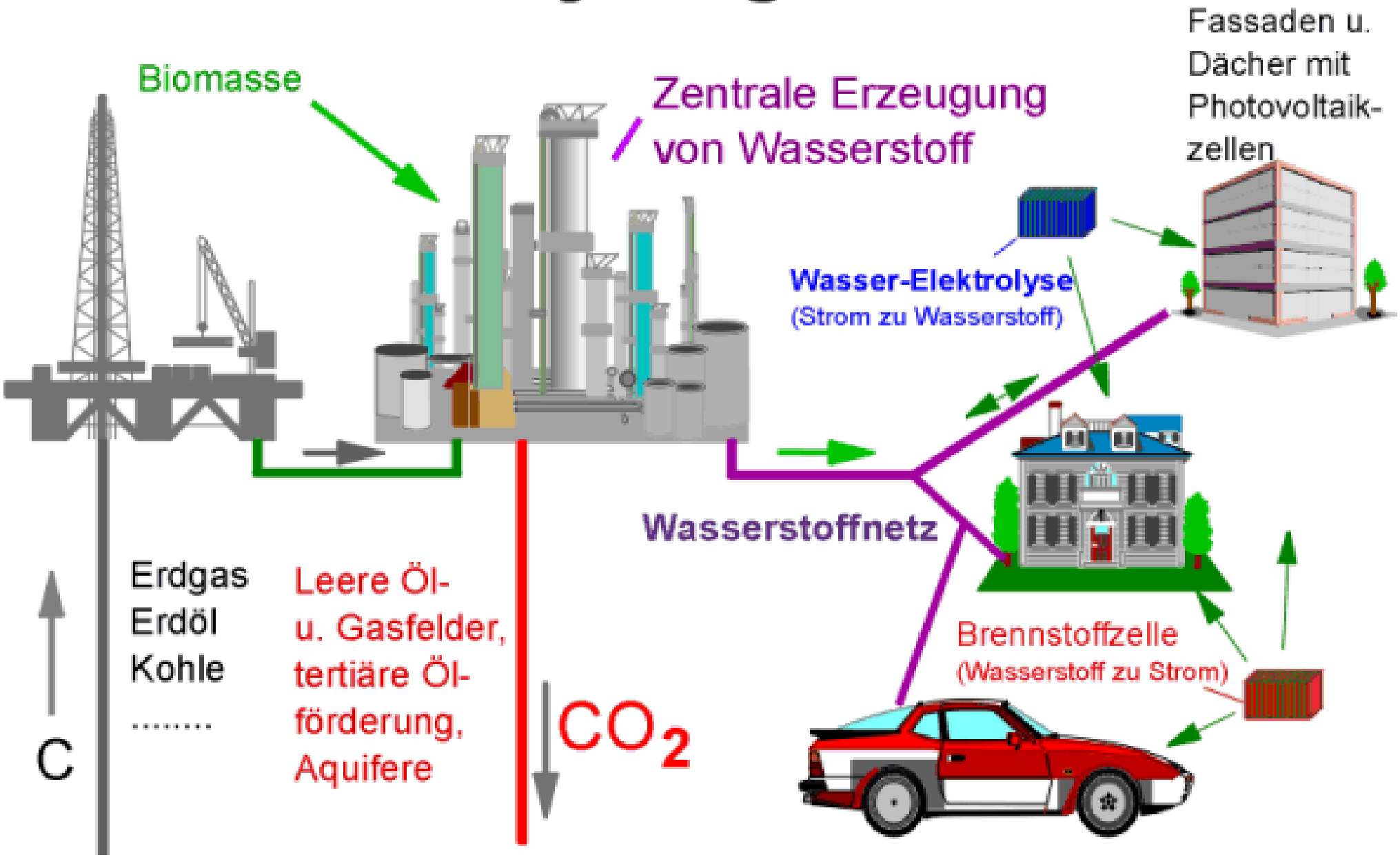


Vision 2

Das Energienetz der Zukunft ist ein Wasserstoffnetz.
Strom wird dezentral dort mit Hilfe von Brennstofzellen erzeugt, wo auch die Wärme genutzt werden kann.
Erdgas und Biomasse werden zentral zu Wasserstoff reformiert, das entstehende Kohlendioxid verschwindet wieder in der Erde.

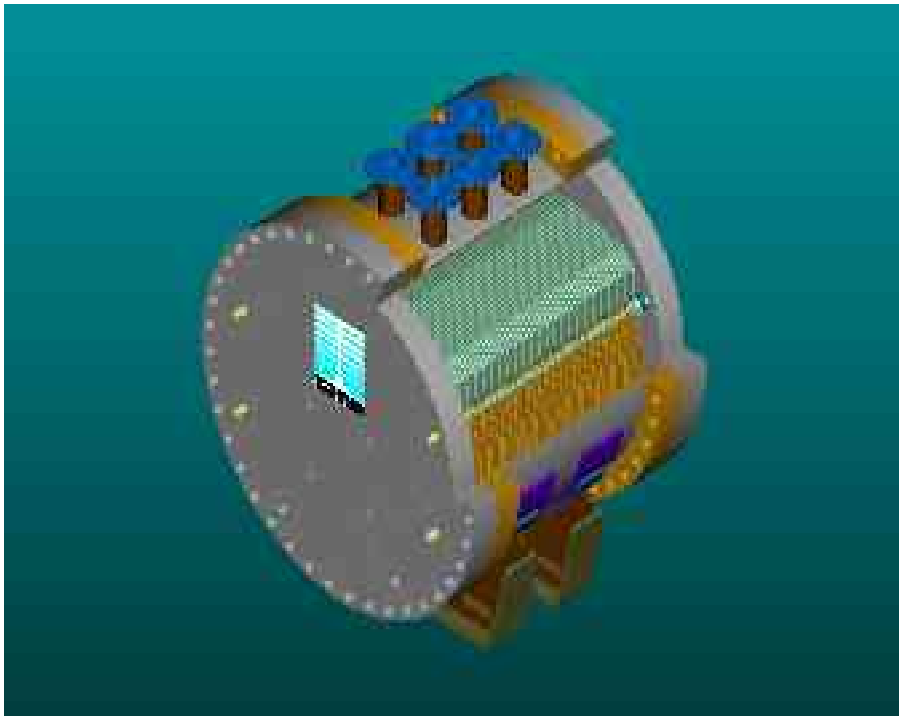
Das von K-H Tetzlaff beschriebene Konzept eine praktisch emmissionsfreien Wasserstoff-Energieversorgung klingt zwar pahntastisch, ist aber noch nicht wirklich widerlegt worden. Alle einzelnen Komponenten sind im Prinzip schon verfügbar, teilweise gibt es jahrzehntelange Erfahrung, die Wirtschaftlichkeit soll auch gegeben sein, wenn man nur groß genug an die Sache herangeht und das Wasserstoff-Netz flächendeckend aufbaut. Viele Detailprobleme, um die bei den Brennstoffzellen noch gekämpft wird, erübrigen sich wenn statt reformiertem Benzin oder Erdgas reiner Wasserstoff verwendet wird.

Kohlenstoffrecycling + Photovoltaik



Grafik von K.Tetzlaff, weitere informationen unter www.k-tz.de

Flughafen München



500KW Elektrolyseur von GHW

Mitteldrucknetz mit nur einer Duckstufe dadurch bidirektional An jeder Stelle kann mit einem Druckelektrolyseur eingespeist werden.

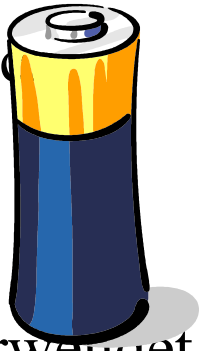
Ein solches Drucknetz kann gleichzeitig als Speicher dienen, wenn eine genügend große Bandbreite des Druckes zugelassen wird. Erst vor Ort an der Verbrauchsstelle wird der Druck nach Bedarf reduziert. Ein modernes Netz wird auch über den Druck nach Angebot und Nachfrage geregelt. Hoher Druck entspricht einem hohen Angebot und einem niedrigen Preis, mit sinkendem Druck steigt der Preis. Bei hohem Bedarf lohnt sich daher auch der Ausbau des Leitungssystems, da dann weniger Druckverlust auftritt.

Vision 3

Siemens hatte zwar Eisen und Kupfer seinerzeit zur Verfügung, aber keine Leistungselektronik.
Wechselstrom und Drehstrom sind heute nicht mehr zeitgemäß..

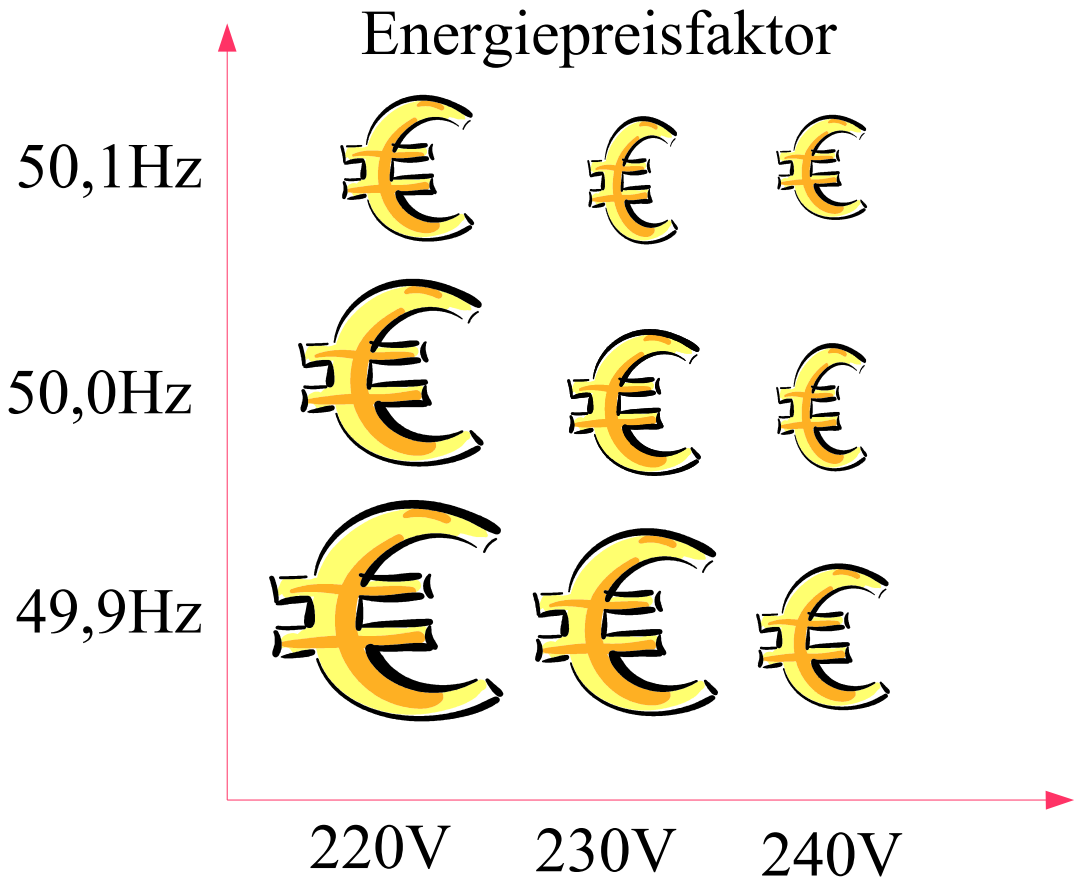
Der große Vorteil des Drehstroms liegt darin, daß sich einfache und robuste Motoren damit antreiben lassen. Heute wird der Drehstrom für die Motoren immer mehr mit Hilfe von Frequenzumrichtern erzeugt nachdem vorher der Drehstrom aus dem Netz gleichgereichtet wurde. Damit lassen sich variable Drehzahlen und Leistungen einstellen.

Für Energieverteilung, Speicherung und Verbrauch wird nur noch Gleichstrom genutzt.



Vorteile:
Für Antriebe werden inzwischen haupsächlich Frequenzumformer verwendet. Die dort enthaltene Gleichrichter und PFC-Stufe kann wegfallen.
Leistungsfaktor immer 100%
kaum Elektrosmog
weniger Übertragungsverluste, insbesondere bei Kabeln.
Dezentrale Einspeisung von PV und Brennstoffzellen ohne Wechselrichter direkt ins Verbrauchsnetz
(100V DC ? Oder 42V DC)
Höhere Berührungssicherheit.
Notstromversorgung und Teilnetzbildung einfacher.
Nachteil: nicht ohne weiteres bidirektional wie der gute alte Trafo!

Auch fast alle Geräte der Unterhaltungselektronik und viele Haushaltsgeräte funktionieren intern schon mit Gleichstrom.



Vision 4

Das Drehstromnetz wird dezentral über Angebot und Nachfrage geregelt- Die Preisbildung und damit Regelung erfolgt dezentral durch Spannung auf lokaler Ebene und durch Frequenz auf Verbundebene.

Der Energiepreisfaktor wird dezentral von den Zählern aus Spannung und Frequenz ermittelt. Verbrauchs und Erzeugungsgeräte nutzen ebenfalls dezentral diese Kriterien für ein optimiertes Last- und Erzeugungsmanagment.

Energiepreisfaktor zur Zeit:

1,39

Tendenz:

Intelligente Zähler erfassen Frequenz- und Spannungsverlauf am Meßpunkt und berechnen einen entsprechenden Auf- oder Abschlagfaktor und zeigt diesen an. Es werden nicht mehr nur Kilowattstunden gezählt, sondern auch auch verschiedenen Preisen zugeordnet.
Der Energieverbraucher kann durch zeitliches Lastmanagment seine Kosten reduzieren.

Energiepreisfaktor zur Zeit:

1,40

Tendenz:

Intelligente Zähler erfassen Frequenz- und Spannungsverlauf am Meßpunkt und berechnen einen entsprechenden Auf- oder Abschlagfaktor und zeigt diesen an. Es werden nicht mehr nur Kilowattstunden gezählt, sondern auch auch verschiedenen Preisen zugeordnet.
Der Energieverbraucher kann durch zeitliches Lastmanagment seine Kosten reduzieren.

Energiepreisfaktor zur Zeit:

1,41

Tendenz:

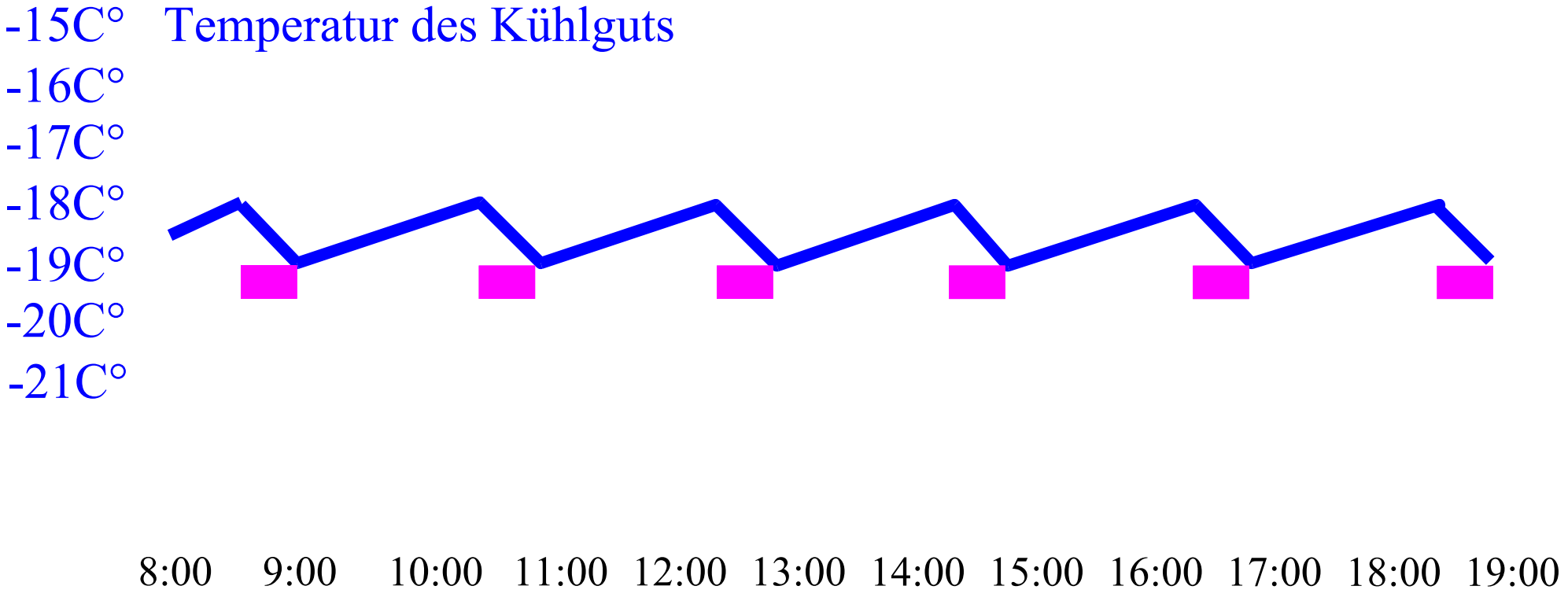
Intelligente Zähler erfassen Frequenz- und Spannungsverlauf am Meßpunkt und berechnen einen entsprechenden Auf- oder Abschlagfaktor und zeigt diesen an. Es werden nicht mehr nur Kilowattstunden gezählt, sondern auch auch verschiedenen Preisen zugeordnet.
Der Energieverbraucher kann durch zeitliches Lastmanagment seine Kosten reduzieren.

Energiepreisfaktor zur Zeit:

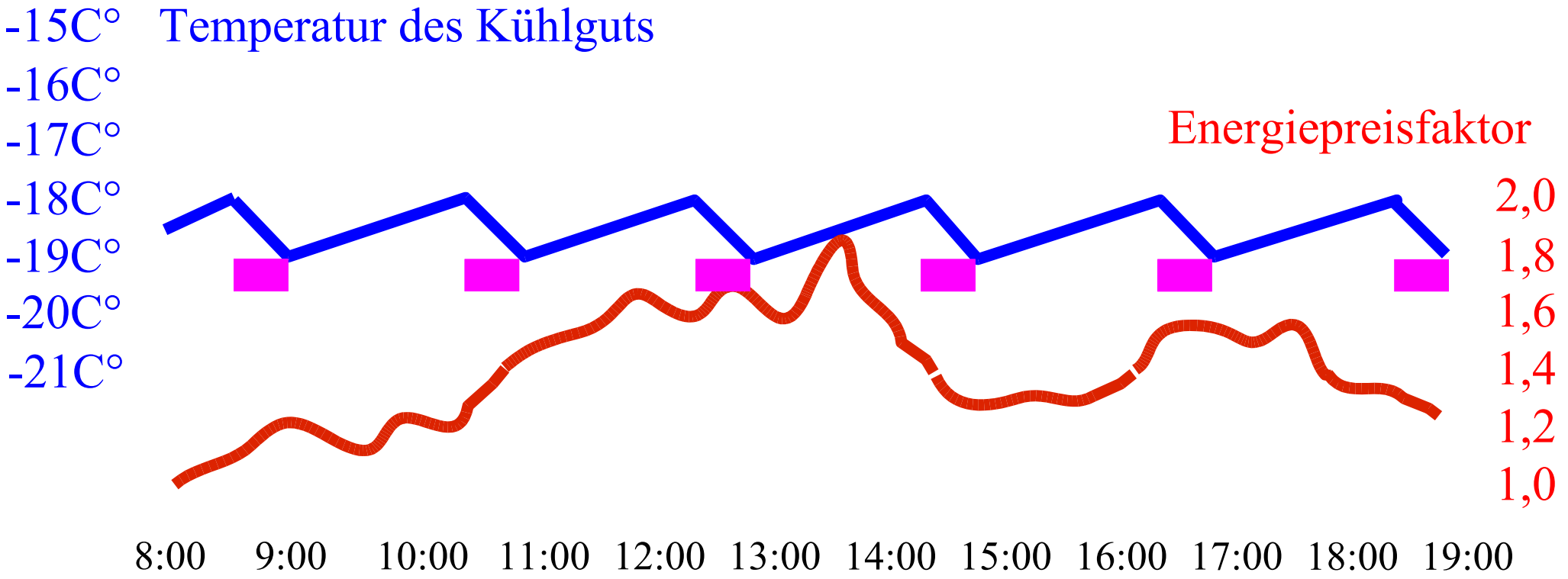
1,41

Tendenz:

Intelligente Zähler erfassen Frequenz- und Spannungsverlauf am Meßpunkt und berechnen einen entsprechenden Auf- oder Abschlagfaktor und zeigt diesen an. Es werden nicht mehr nur Kilowattstunden gezählt, sondern auch auch verschiedenen Preisen zugeordnet.
Der Energieverbraucher kann durch zeitliches Lastmanagment seine Kosten reduzieren.

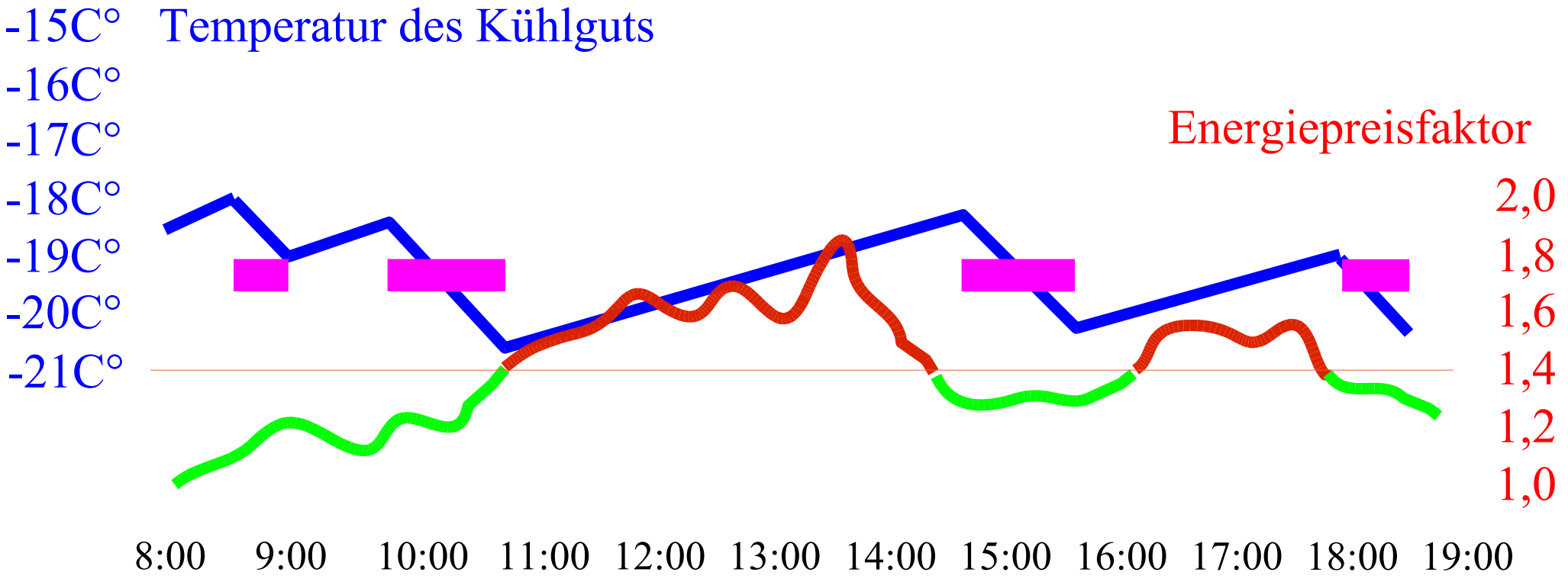


Automatisches Lastmanagment mit intelligenten Haushaltsgeräten



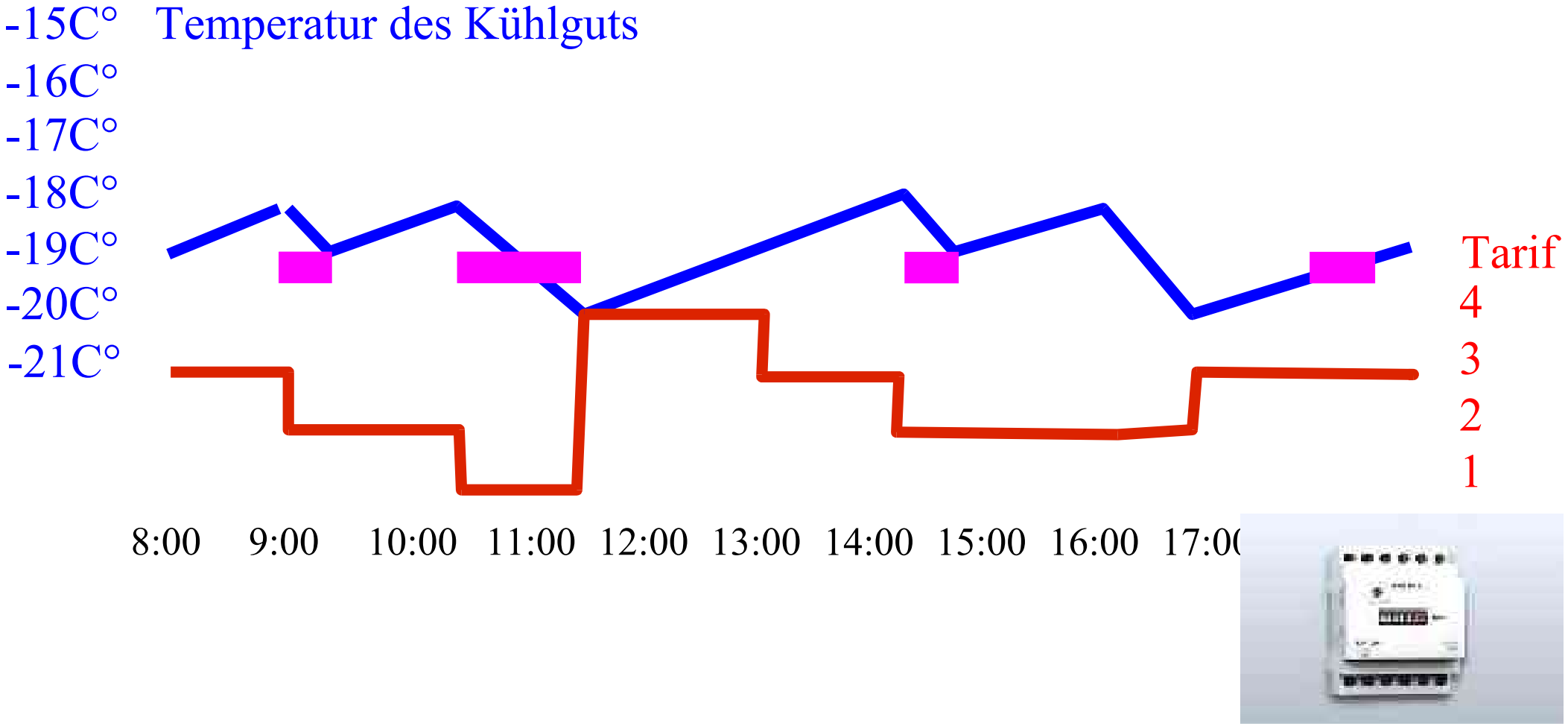
Automatisches Lastmanagment mit intelligenten Haushaltsgeräten

Die normale Steuerung einer Gefriertruhe reagiert nicht auf unterschiedliche Strompreise.

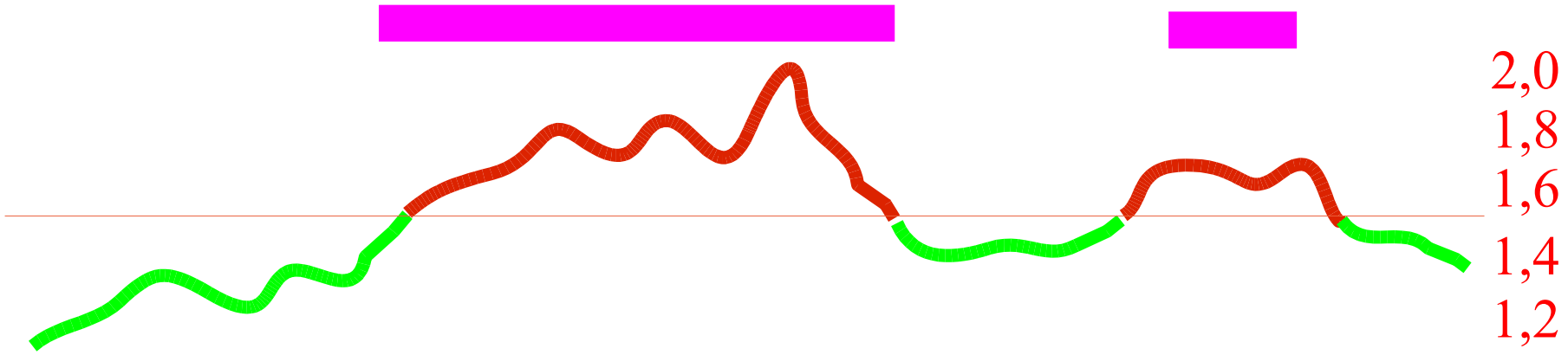


Automatisches Lastmanagment mit intelligenten Haushaltsgeräten

Die „intelligente“ Steuerung hat den typischen verlauf des Strompreises über einen Tag gespeichert und optimiert danach die Laufzeiten des Kühlaggrgats. Um eine längere zeit ohne Kühlung auszukommen, wird vorher die Temperatur etwas abgesenkt.

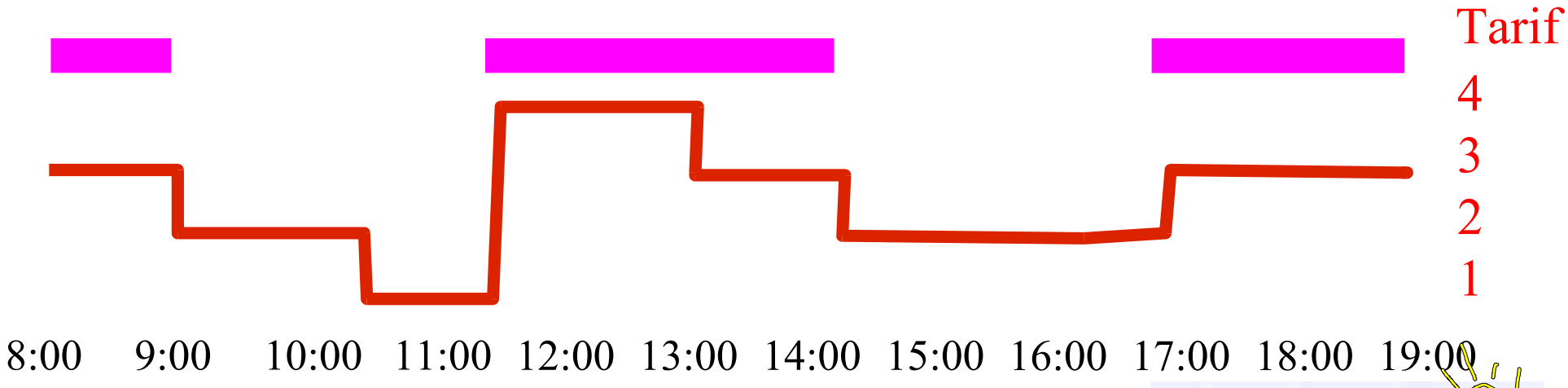


Hier empfängt der Zähler ein vom Netzbetreiber erzeugtes Tarifsignal und sendet es ins Hausnetz weiter.



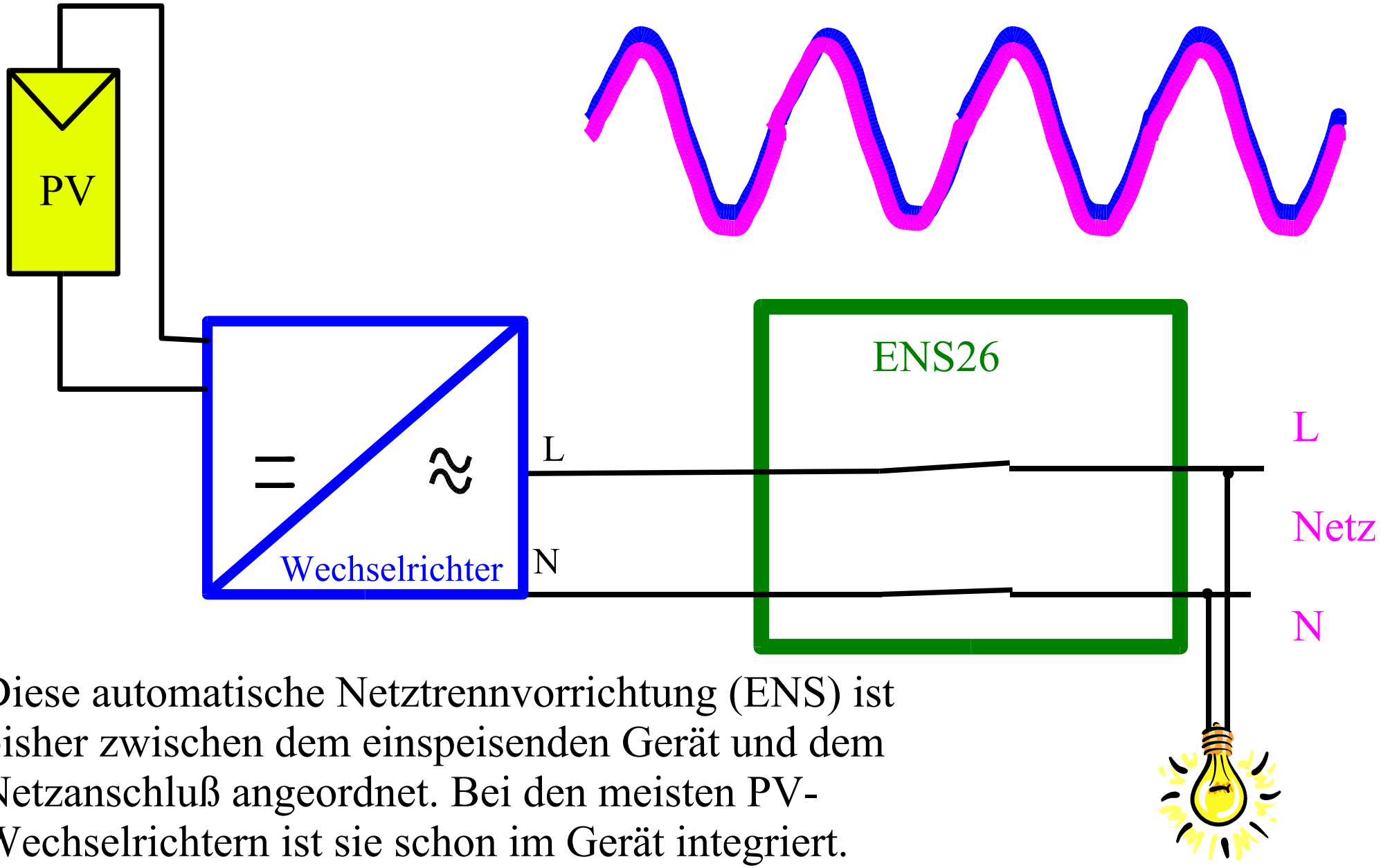
Die Einspeisung wird auf die Zeit des höchsten Energiepreises gelegt.

Zusätzlich gäbe es die Möglichkeit, über eine Kommunikationseinrichtung auf Anforderung des Netzbetreibers für eine begrenzte Zeit Spitzenstrom zu liefern, wenn ein Pufferspeicher für die Nutzung von Wärme vorhanden ist oder die Vorlauftemperatur der Heizung etwas erhöht werden kann. Mit einer entsprechenden Frequenzsteuerung läßt sich auch Primärregelleistung bereitstellen.

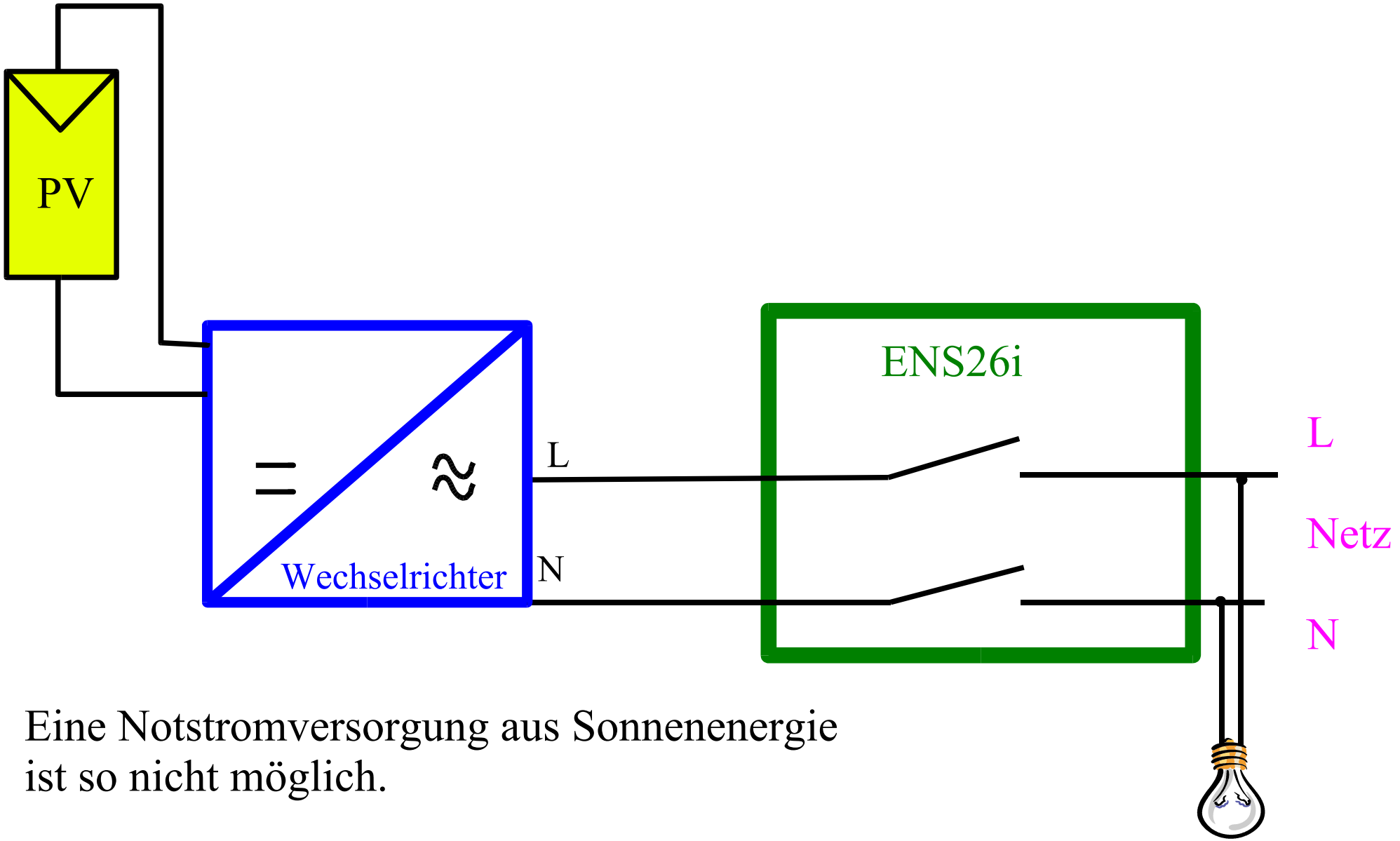

Tarif
4
3
2
1
8:00
9:00
10:00
11:00
12:00
13:00
14:00
15:00
16:00
17:00
18:00
19:00

Automatische Netztrennung von DEA

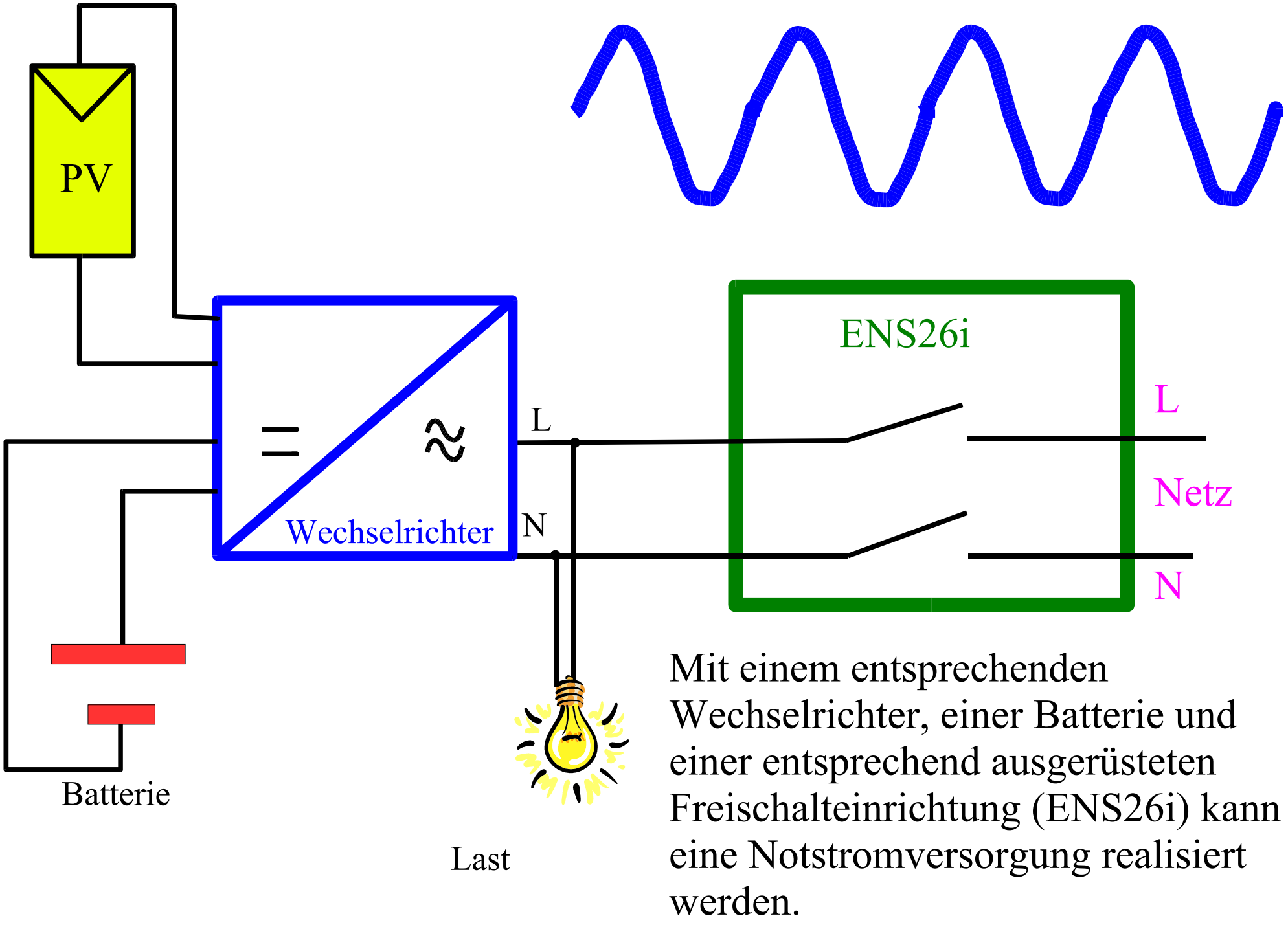
Aus Sicherheitsgründen müssen dezentrale Energieanlagen vom Netz getrennt werden, wenn es zu einer unkontrollierten Inselbildung kommt. Dabei bleibt ein Teil des Stromnetzes, der eigentlich abgeschaltet sein sollte, unter Spannung. Das kann, wenn es unerwartet geschied, zur gefährdung von Menschen kommen. Früher wurden solche Anlagen mit einer dem Netzbetreiber zugänglichen manuellen Trennvorrichtung abgeschaltet. Die ist bei einer immer mehr wachsenden Anzahl von Anlagen kaum noch praktikabel. Daher sind automatische Netztrennvorrichtungen entwickelt worden.



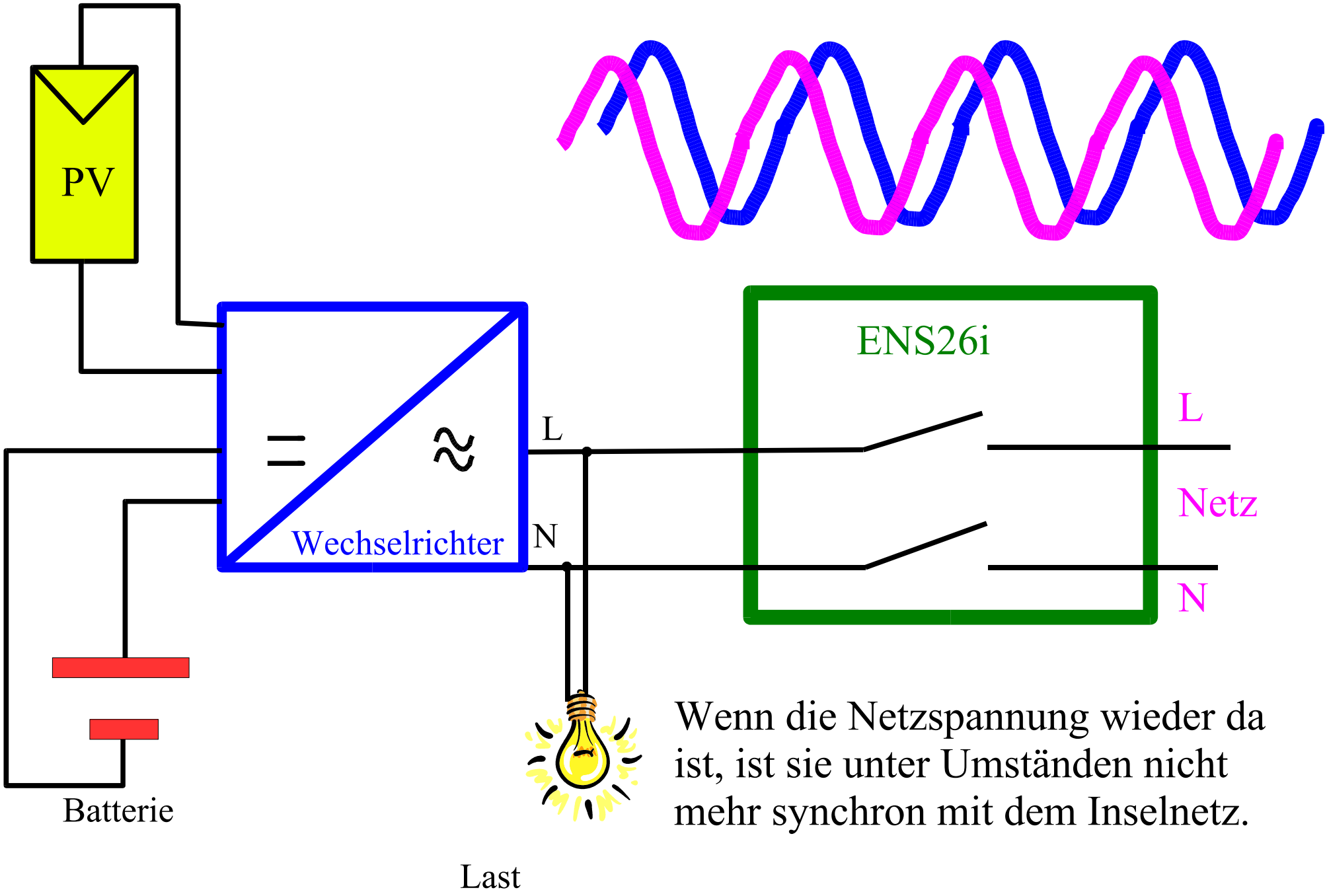
Diese automatische Netztrennvorrichtung (ENS) ist bisher zwischen dem einspeisenden Gerät und dem Netzanschluß angeordnet. Bei den meisten PV-Wechselrichtern ist sie schon im Gerät integriert. Bei einem Netzausfall wird der Wechselrichter automatisch vom Netz getrennt.



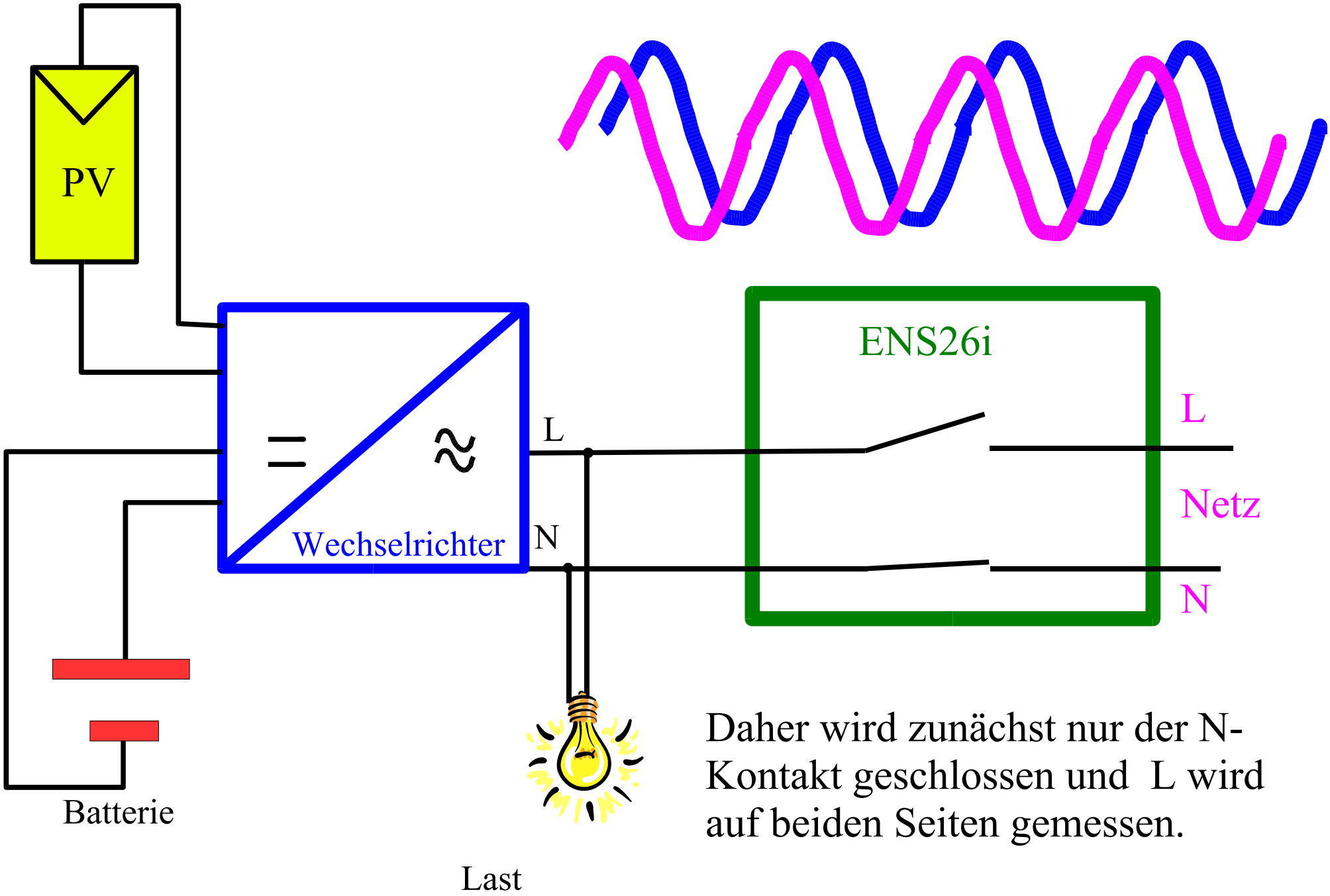
Eine Notstromversorgung aus Sonnenenergie
ist so nicht möglich.



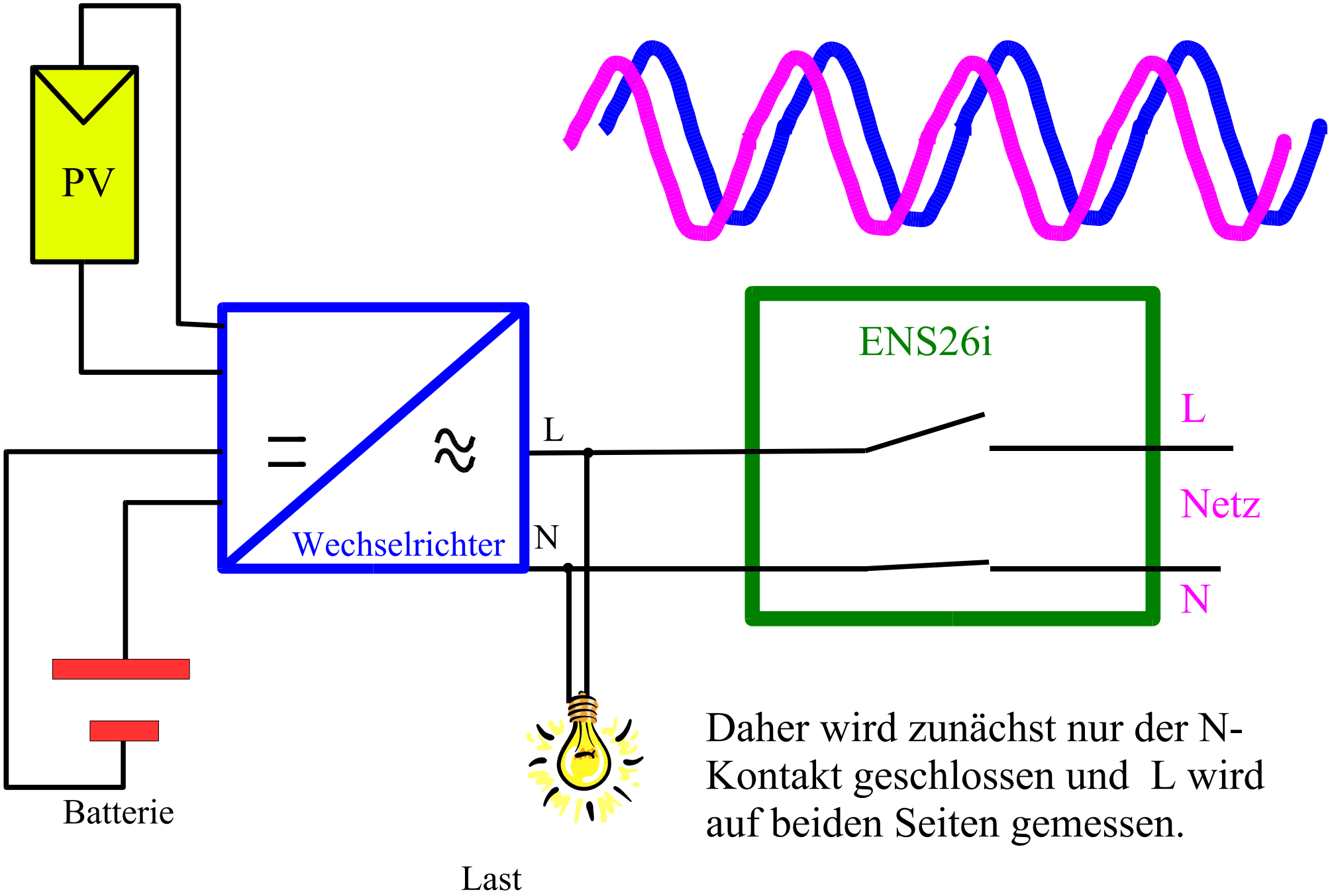
Mit einem entsprechenden Wechselrichter, einer Batterie und einer entsprechend ausgerüsteten Freischalteinrichtung (ENS26i) kann eine Notstromversorgung realisiert werden.



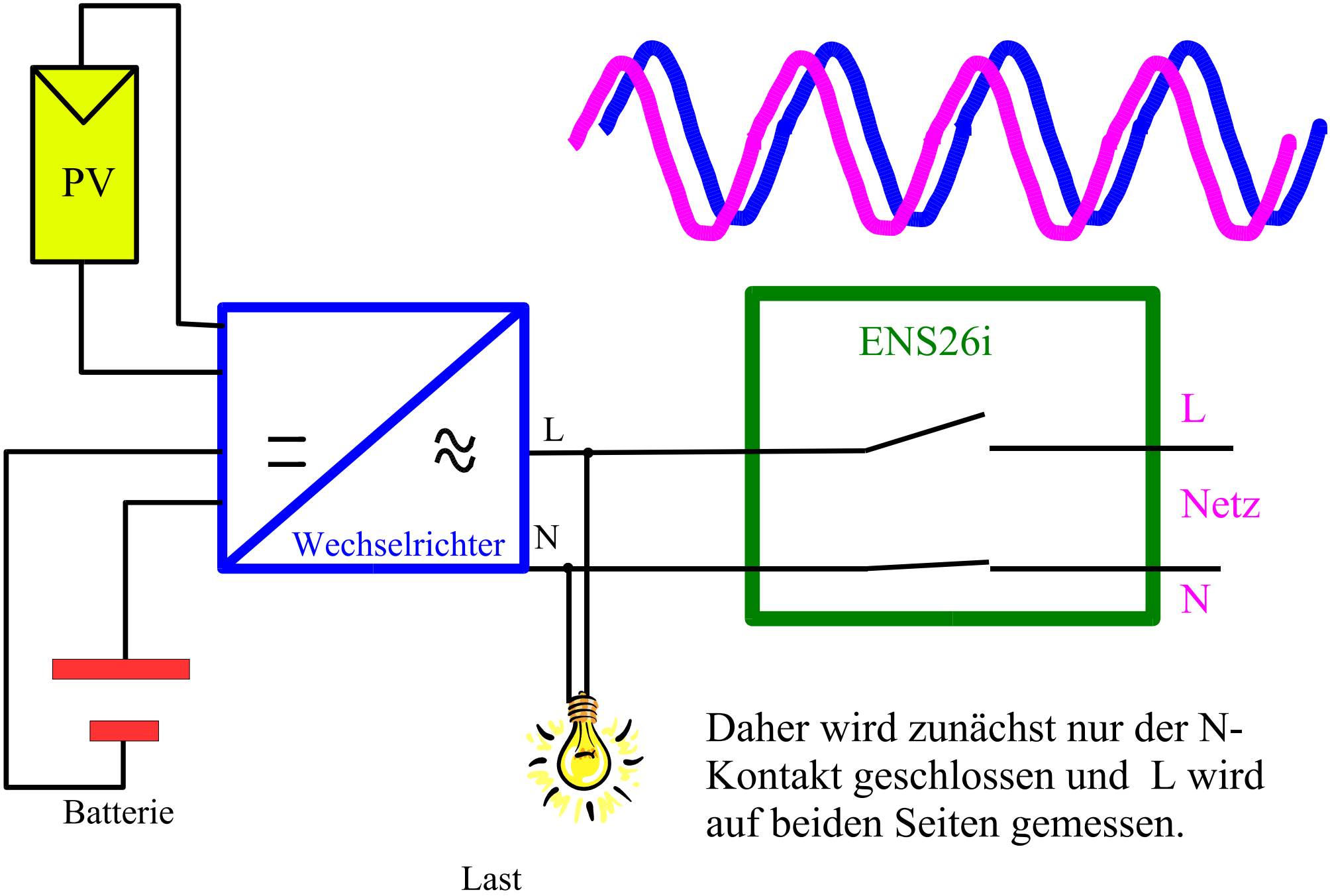
Wenn die Netzspannung wieder da ist, ist sie unter Umständen nicht mehr synchron mit dem Inselnetz.



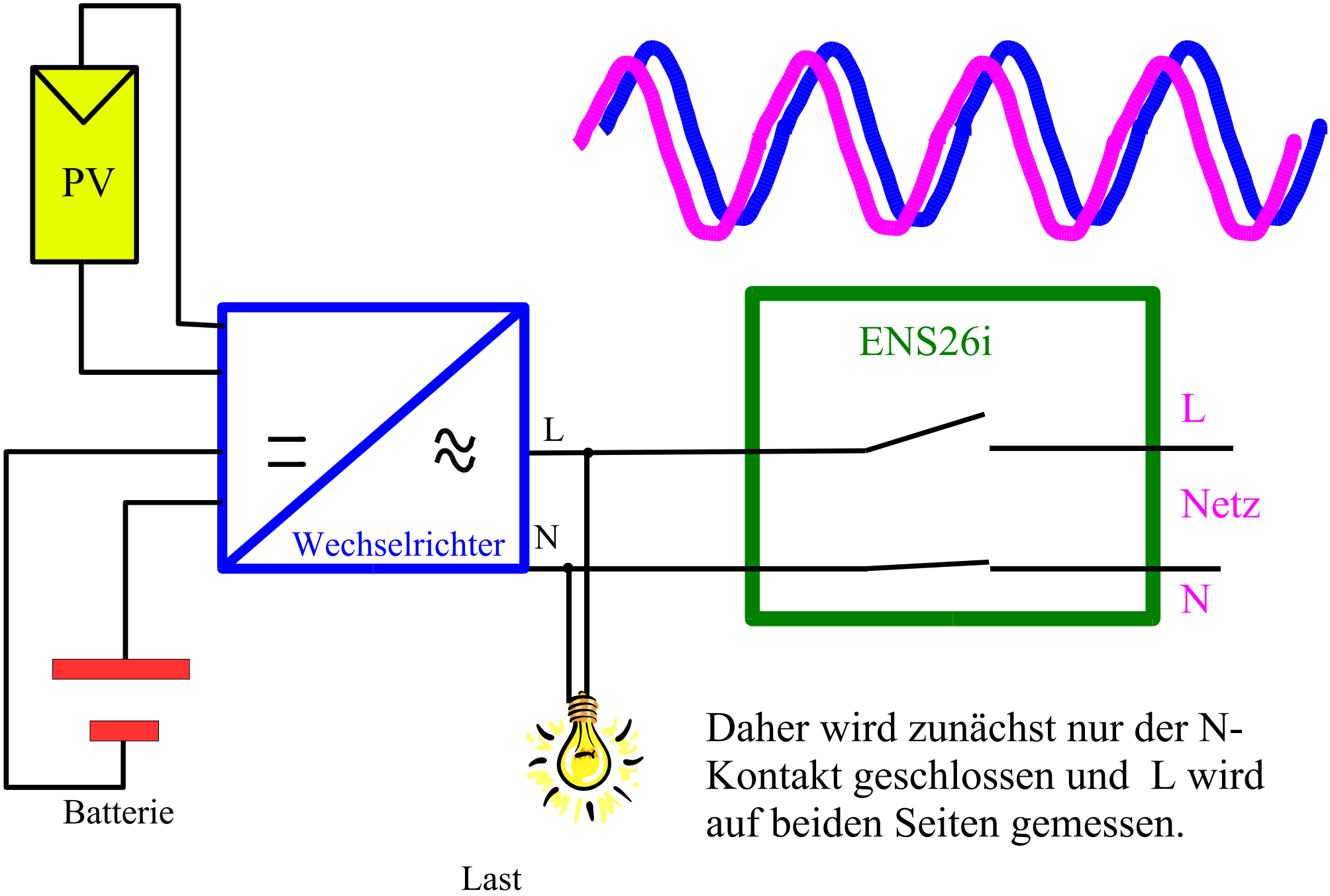
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



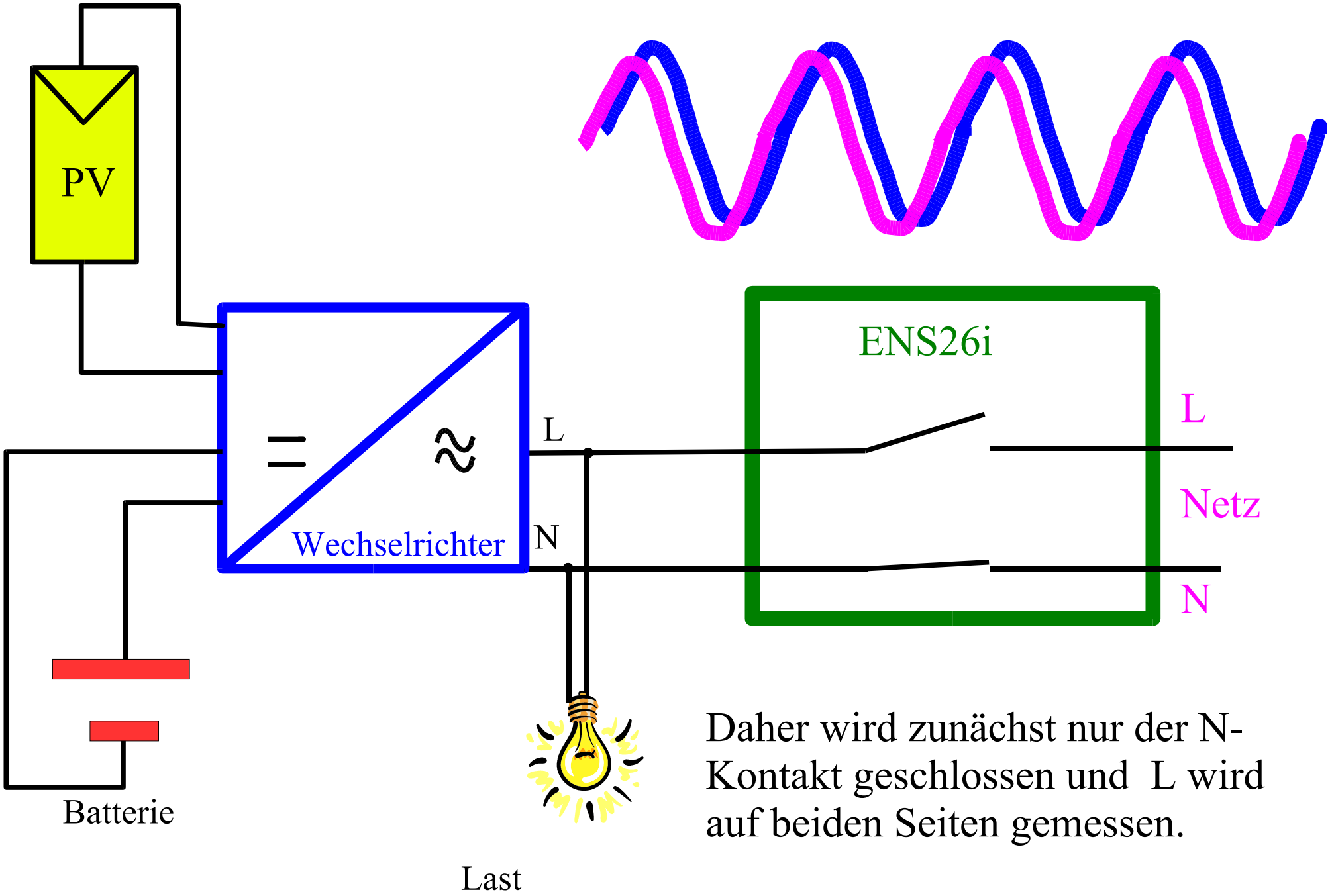
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



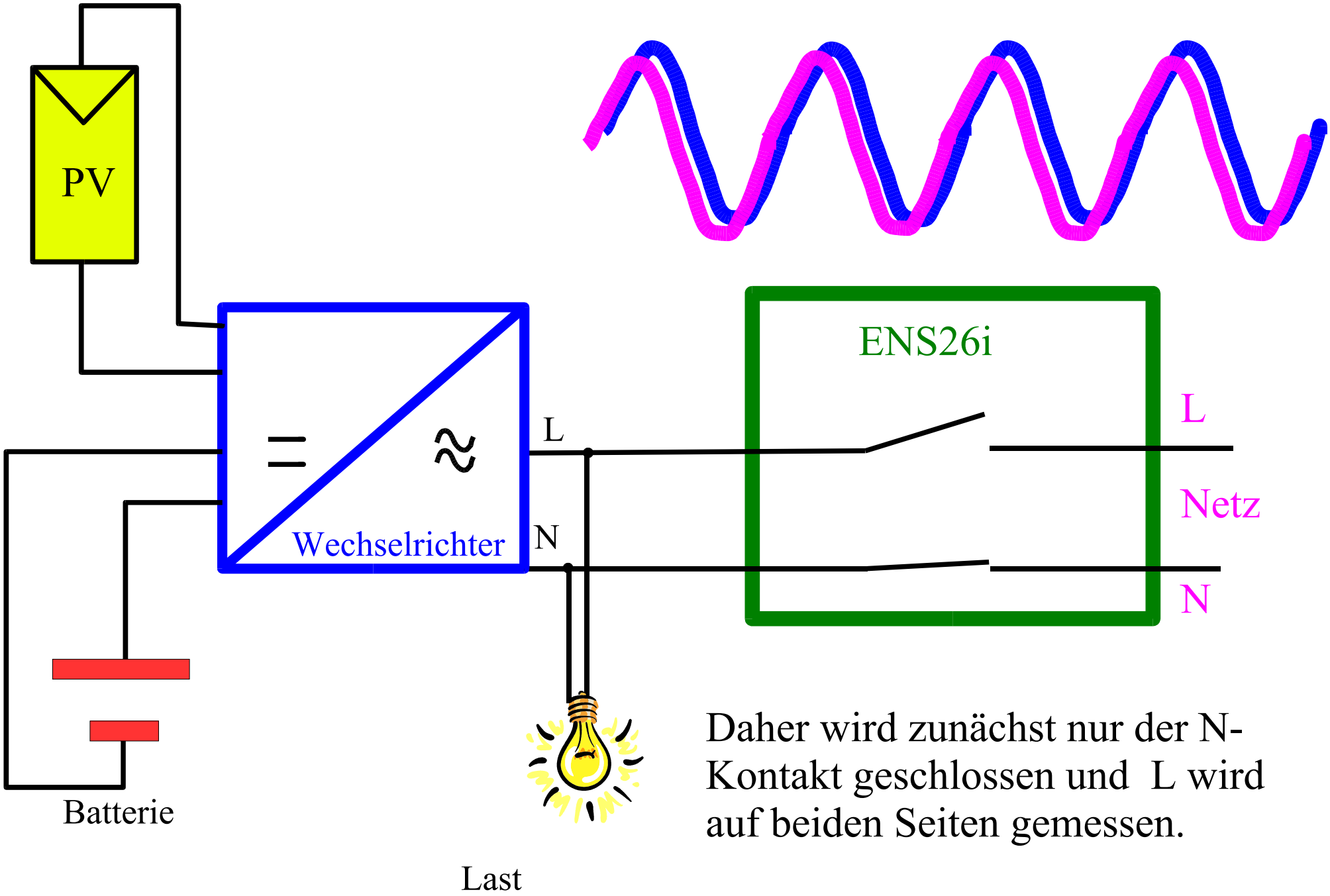
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



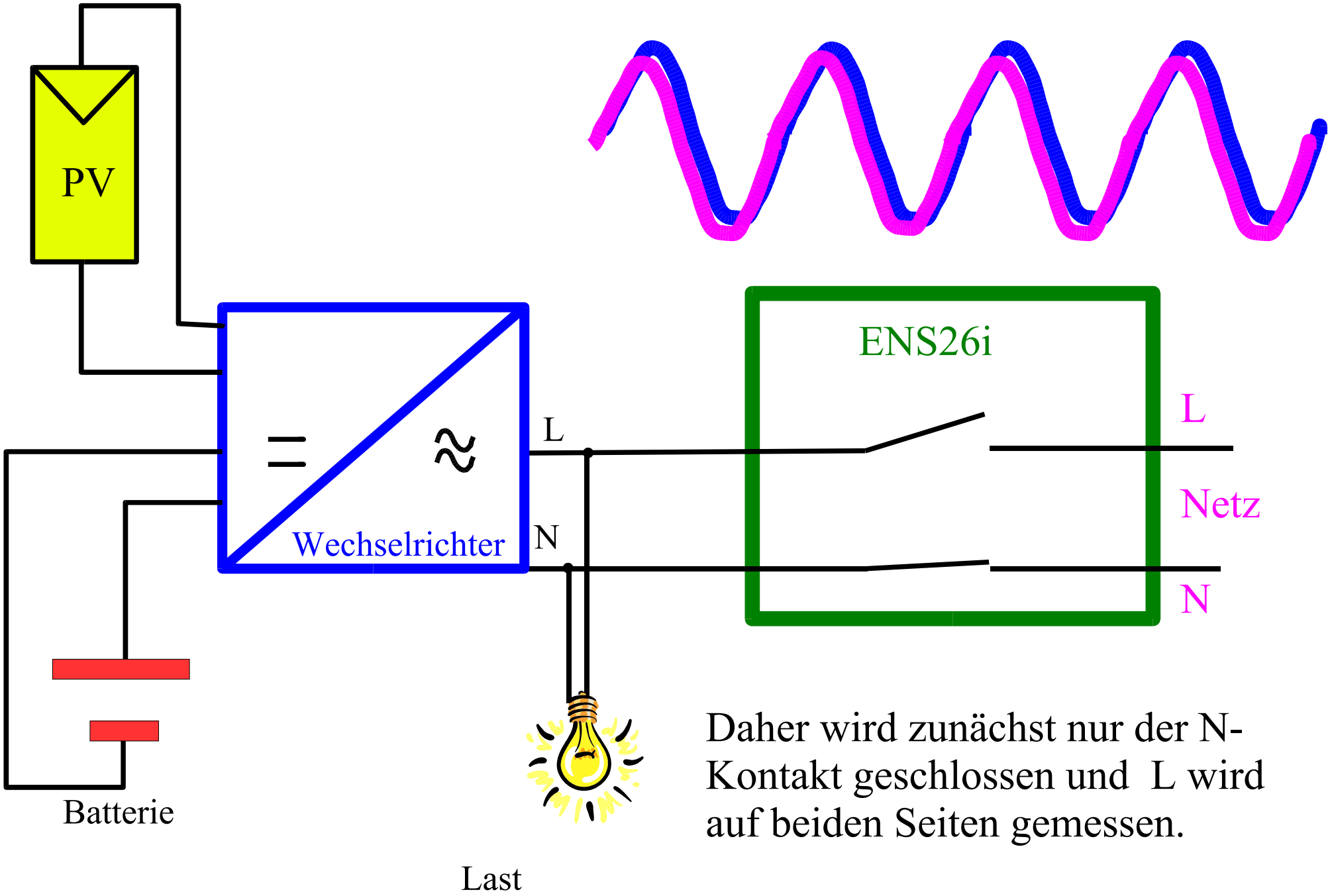
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



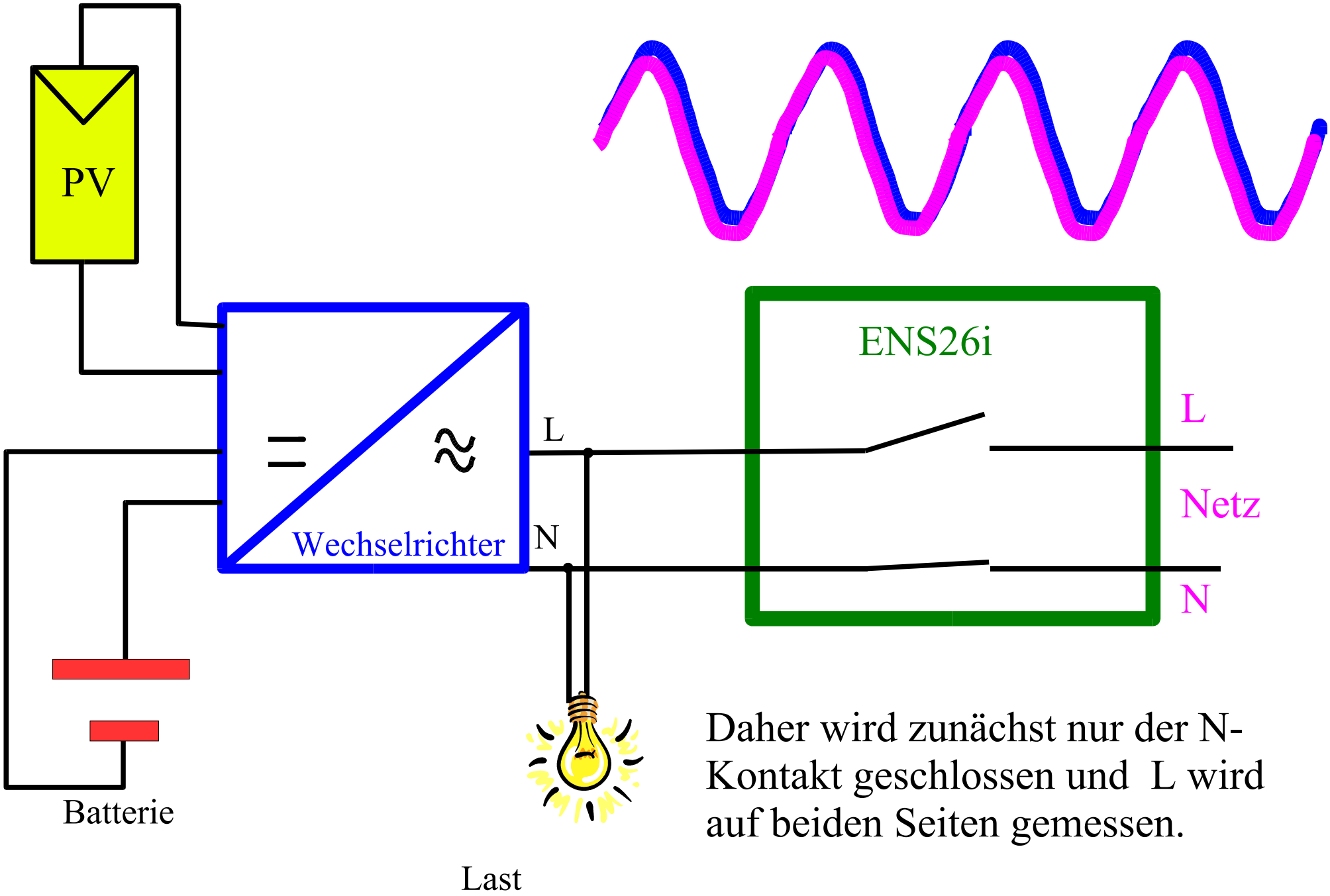
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



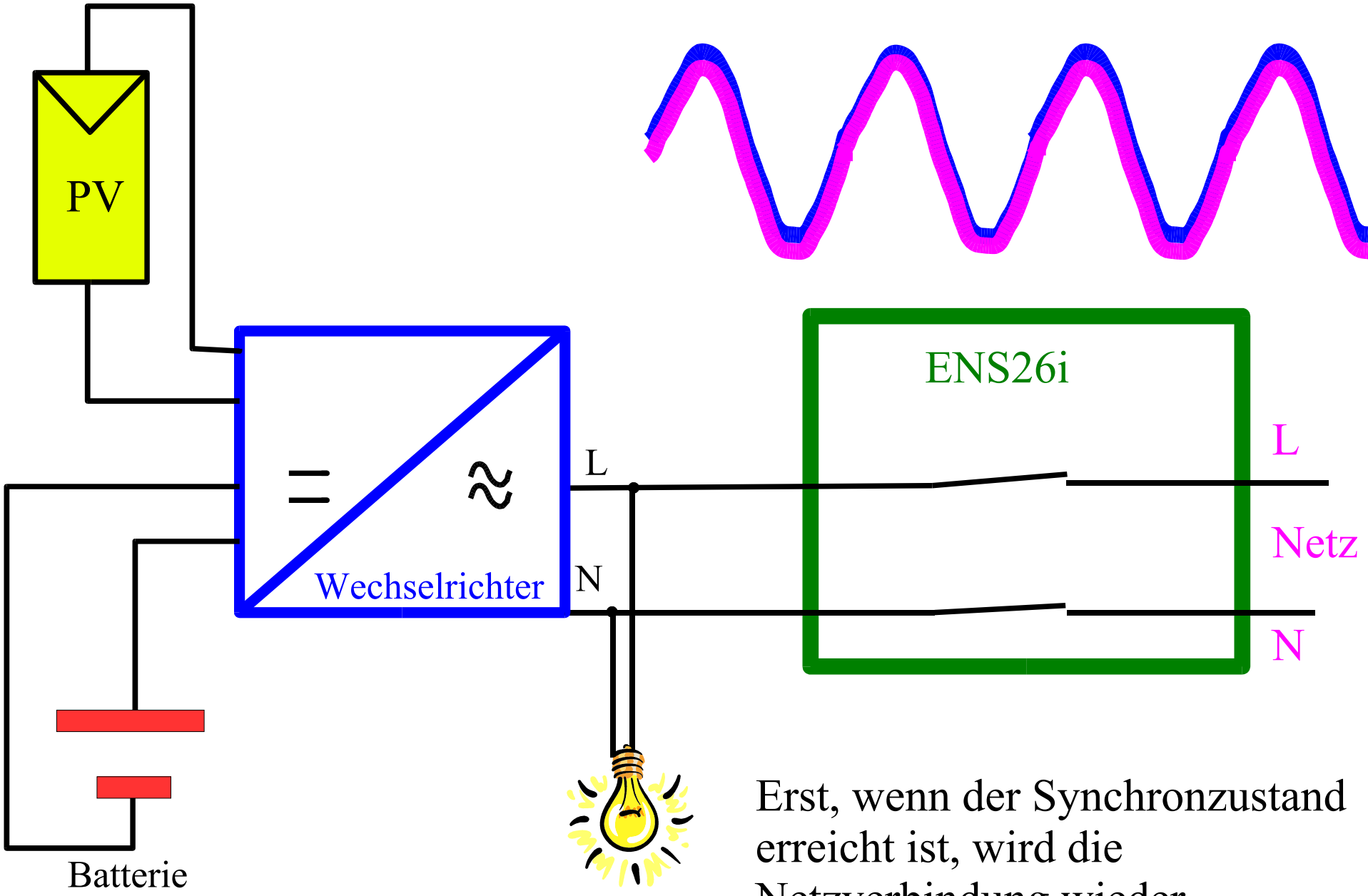
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



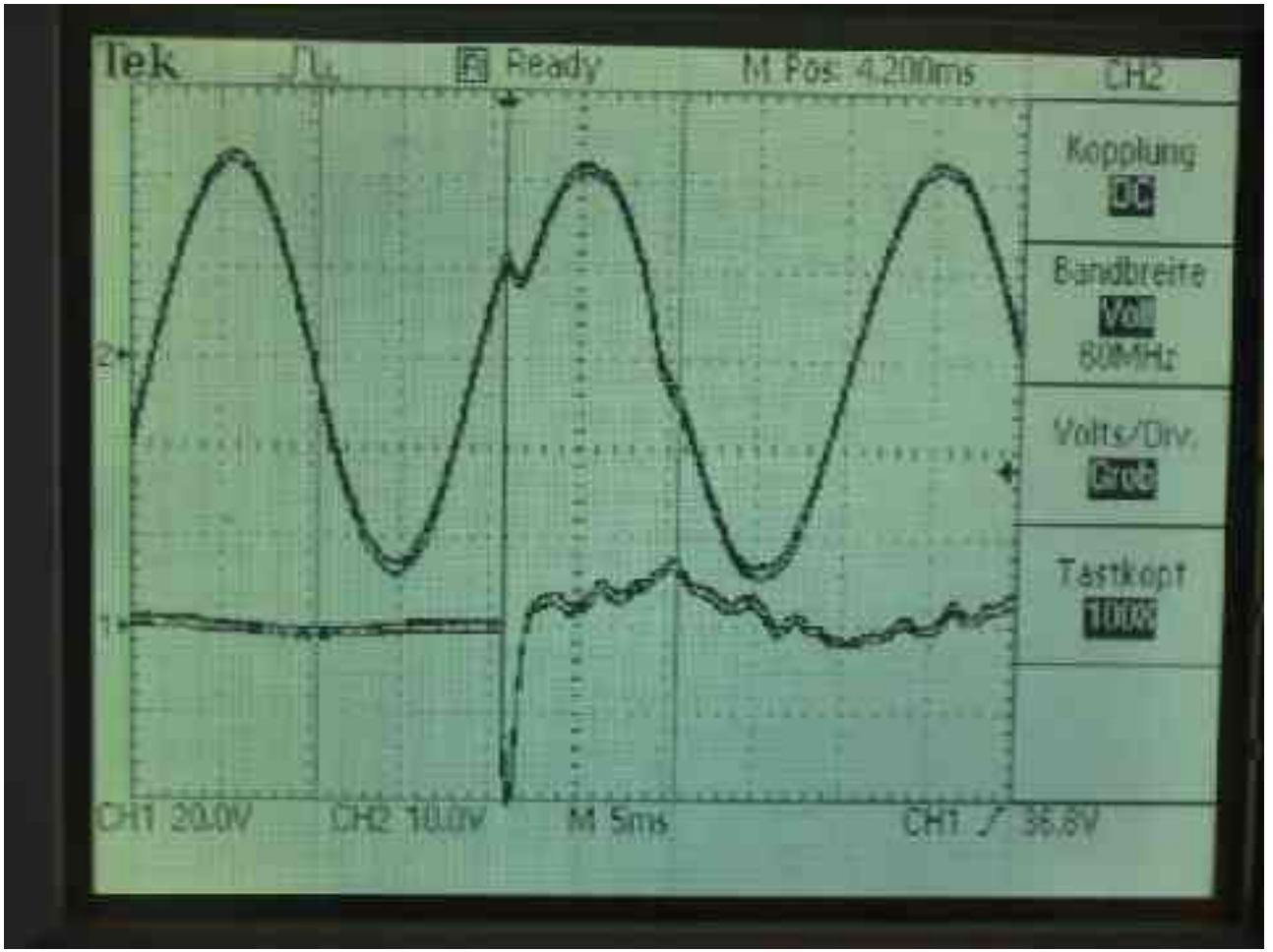
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



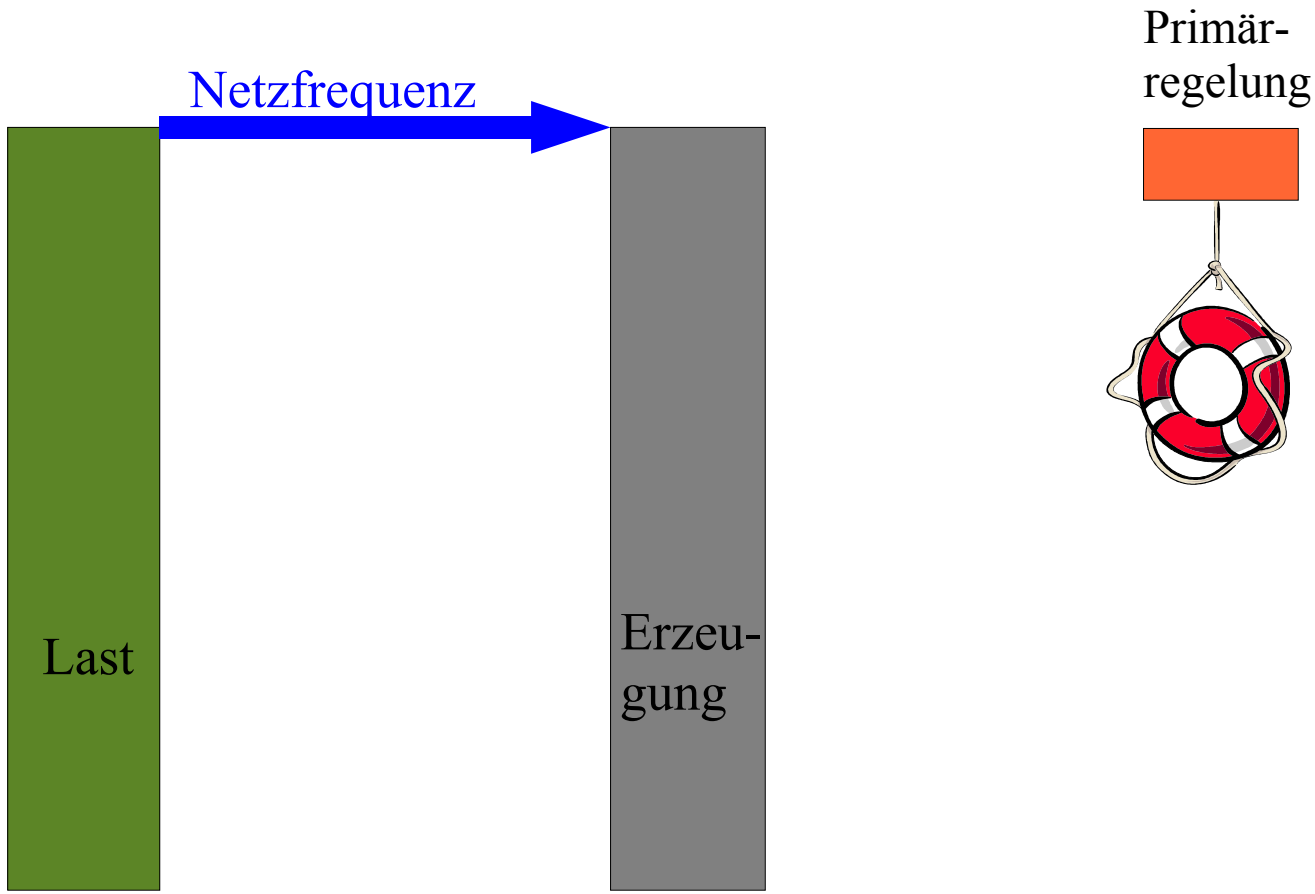
Daher wird zunächst nur der N-Kontakt geschlossen und L wird auf beiden Seiten gemessen.



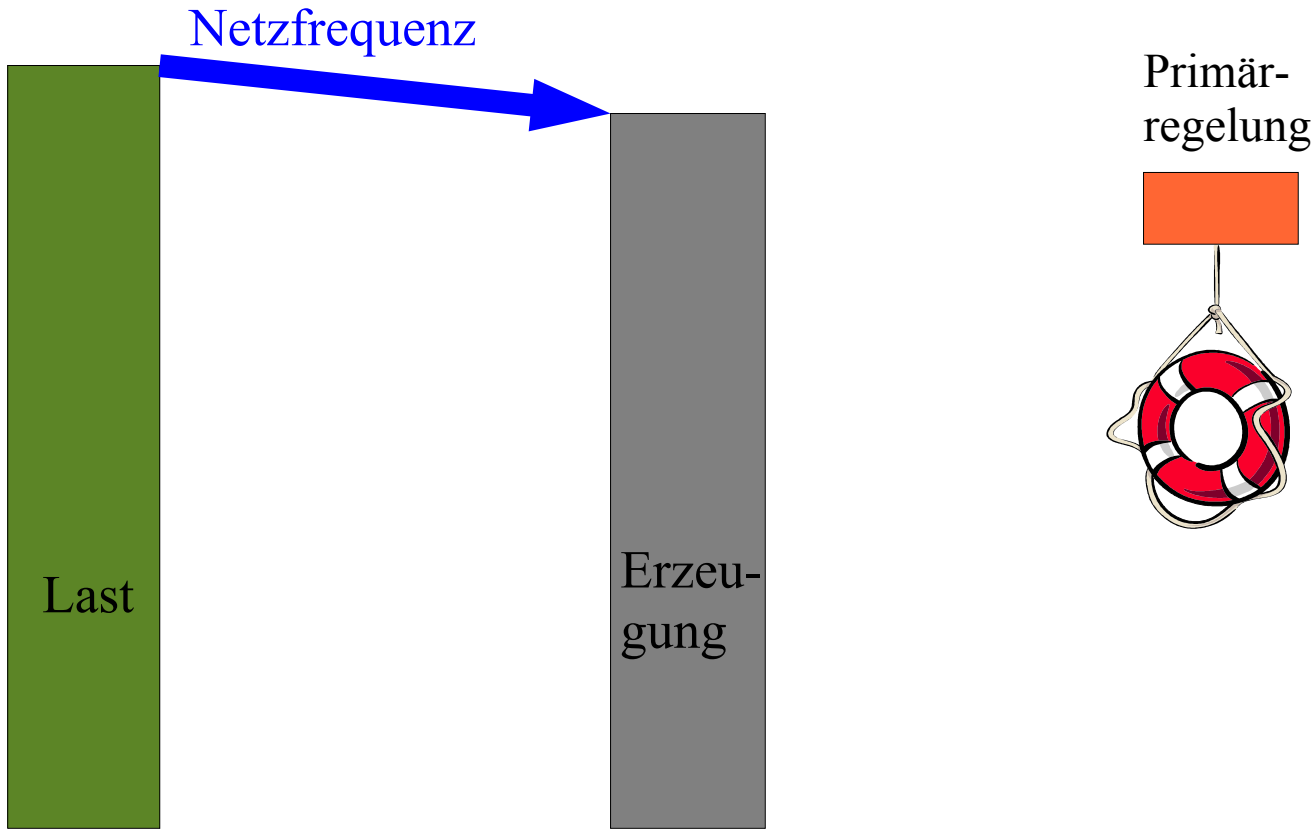
Erst, wenn der Synchronzustand erreicht ist, wird die Netzverbindung wieder hergestellt.



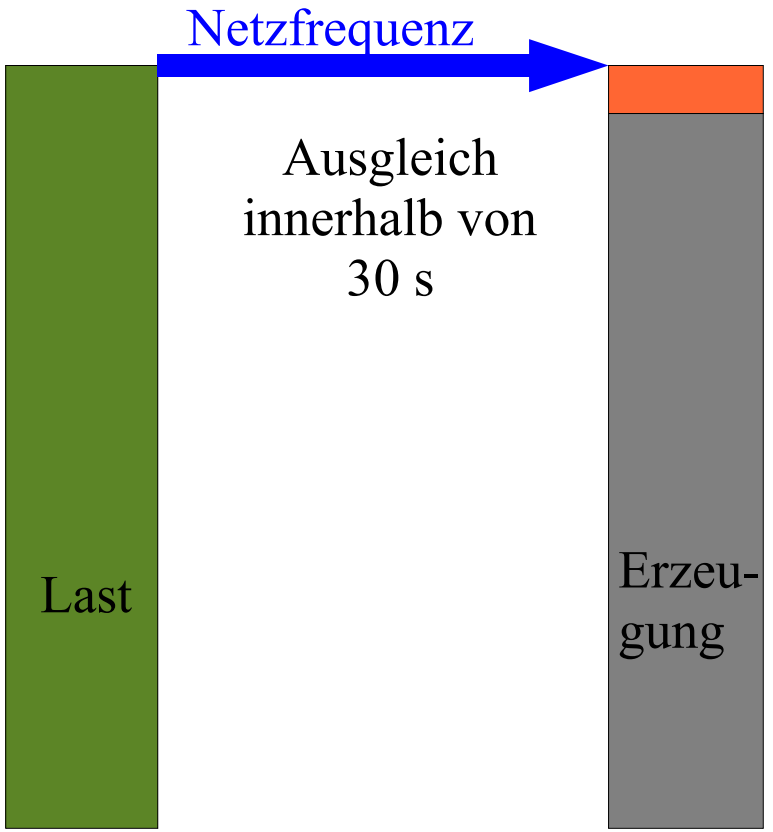
Ein 50 Hz-Schwingkreis mit 5 kVAr gespeist mit einem NEG4 Wechselrichter wird mit Hilfe der ENS26i mit dem Netz verbunden.



Die Erzeugungsleistung in den Kraftwerken des Verbundnetzes wird so geregelt, daß sie genau dem Verbrauch entspricht. Dann ist das Netz im Gleichgewicht, die Netzfrequenz ist stabil.

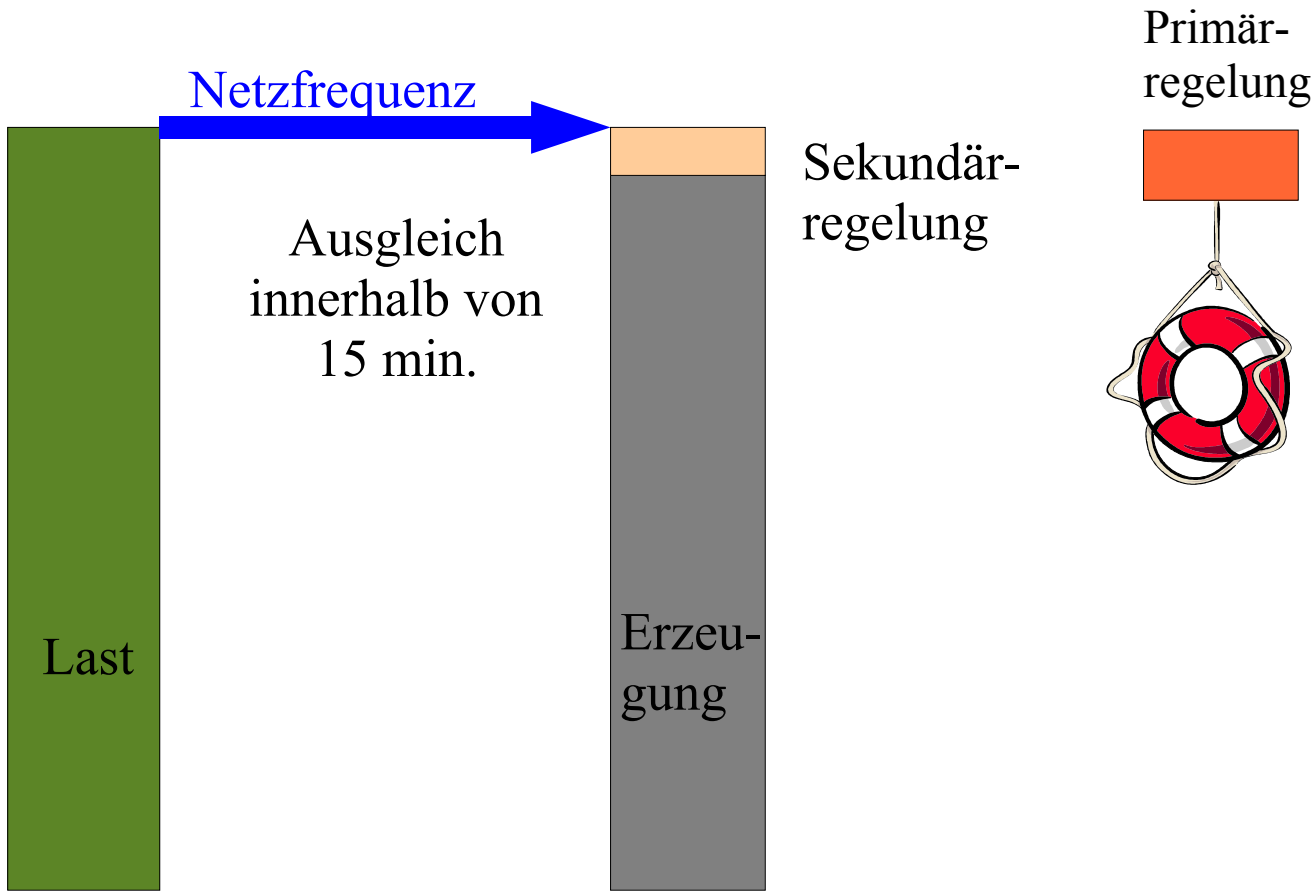


Wenn die Erzeugungsleistung kleiner wird - z.B. durch Ausfall eines Kraftwerks - so wird die fehlende Leistung zunächst durch die kinetische Energie der rotierenden Massen in den Generatoren ausgeglichen. Dadurch fällt die Drehzahl der Synchrongeneratoren und damit die Netzfrequenz ab.

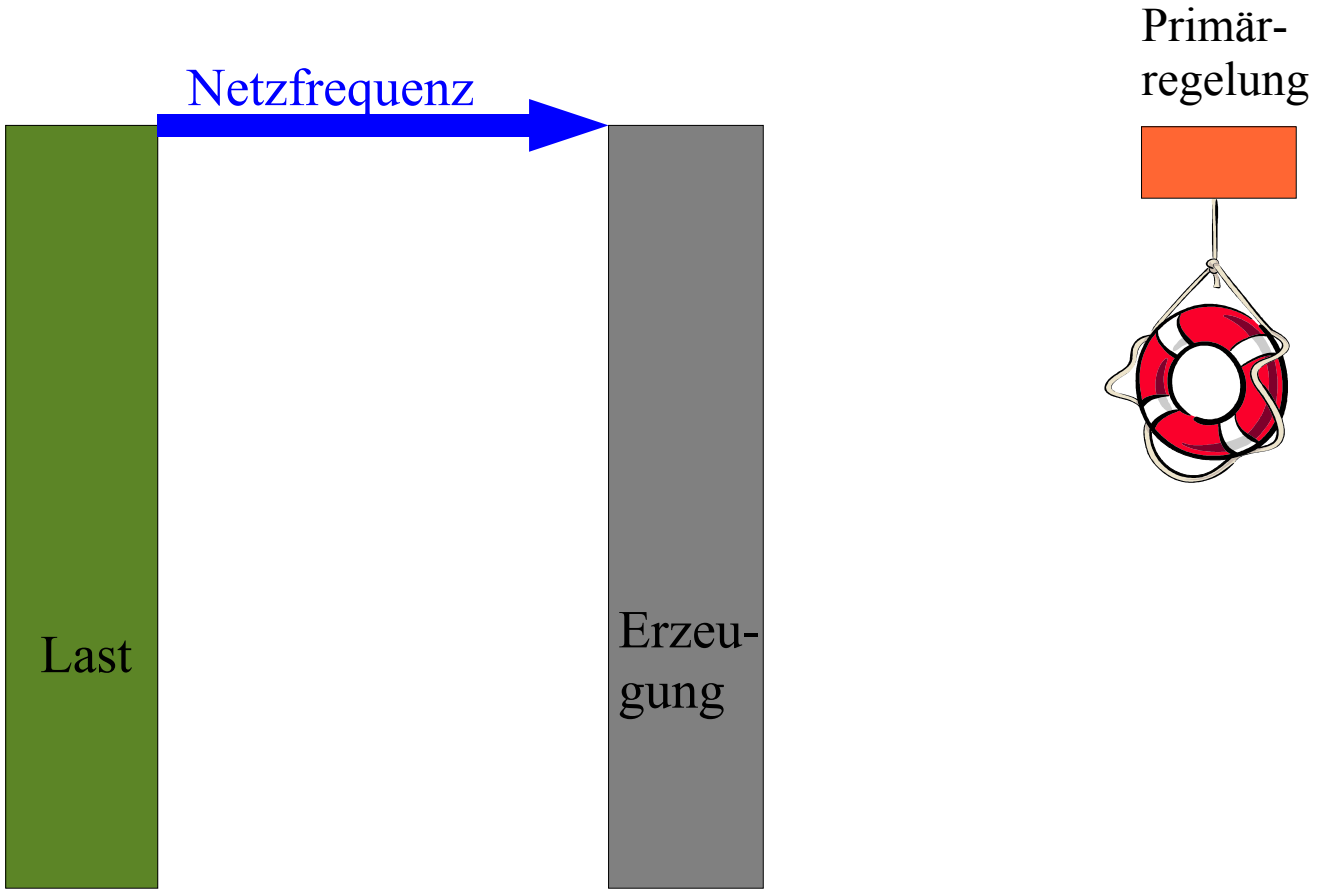


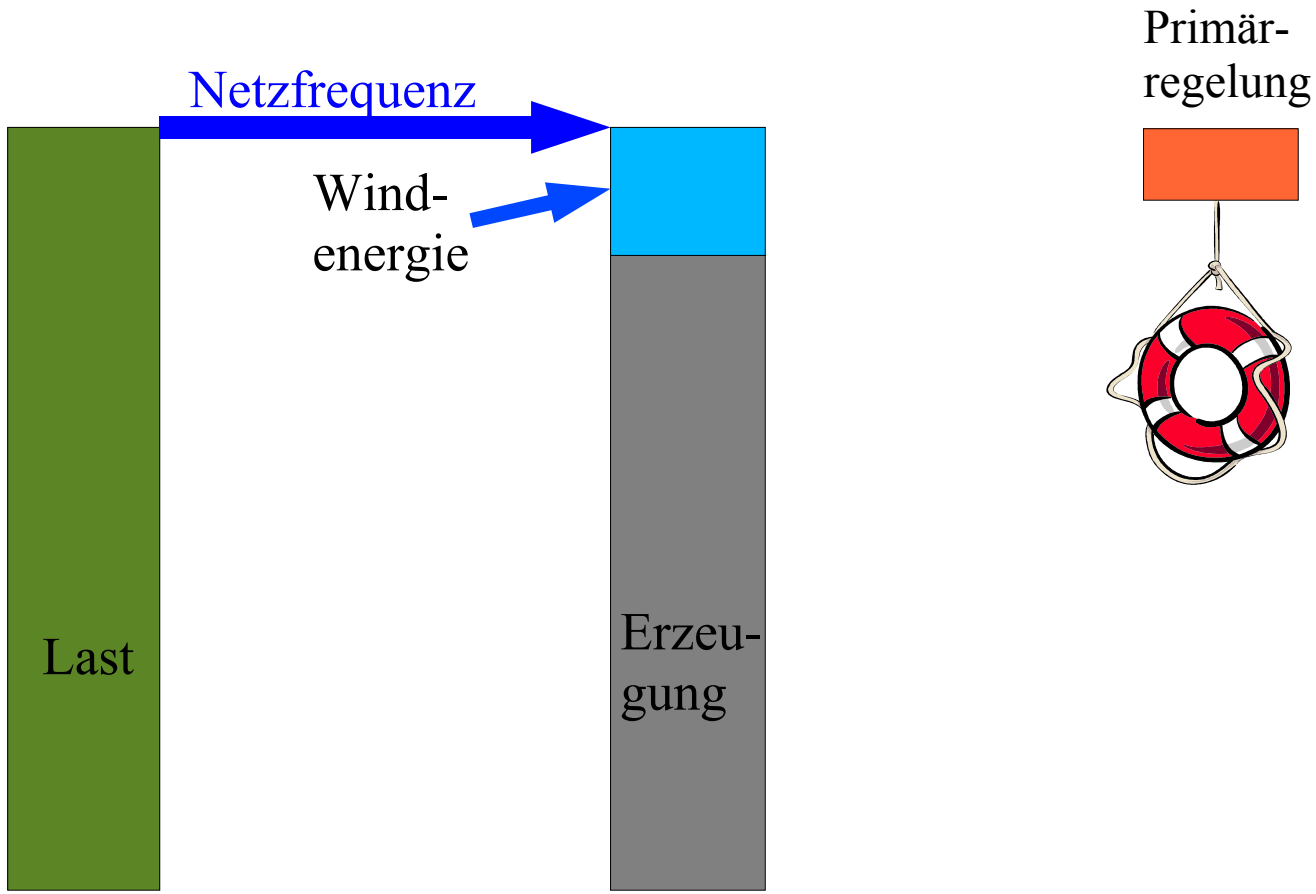
Primär-
regelung

Durch den Einsatz der Primärregelreserve der Kraftwerke wird das Leistungsdefizit innerhalb weniger Sekunden ausgeglichen und die Netzfrequenz wieder auf den Sollwert gebracht. Dafür steht im Verbundnetz eine Leistung von 3000 MW bereit.

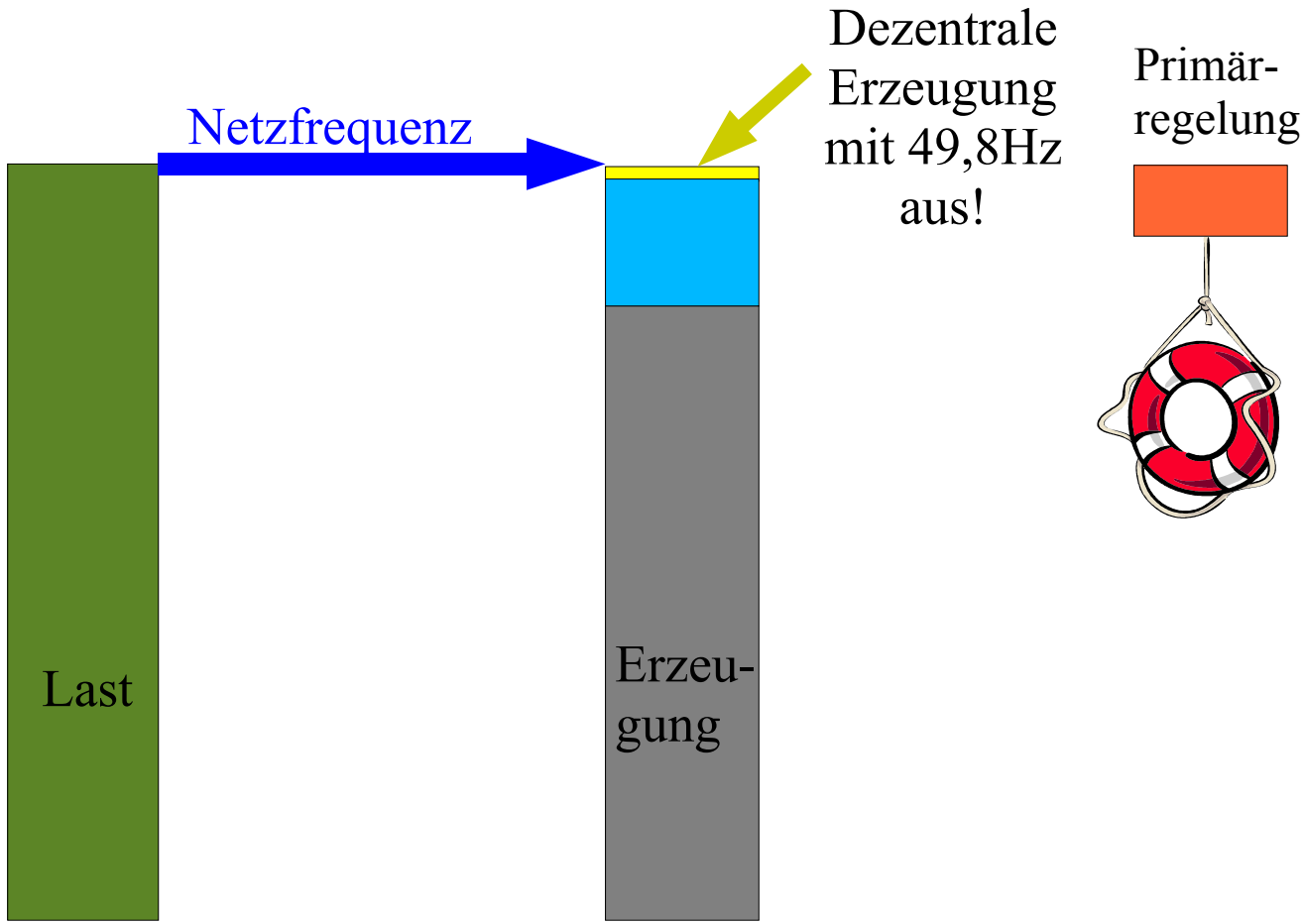


Innerhalb von 15 Minuten hat die Sekundärregelung die Primärregelung ersetzt, so daß diese wieder für einen weitere Störung zur Verfügung stehen kann.

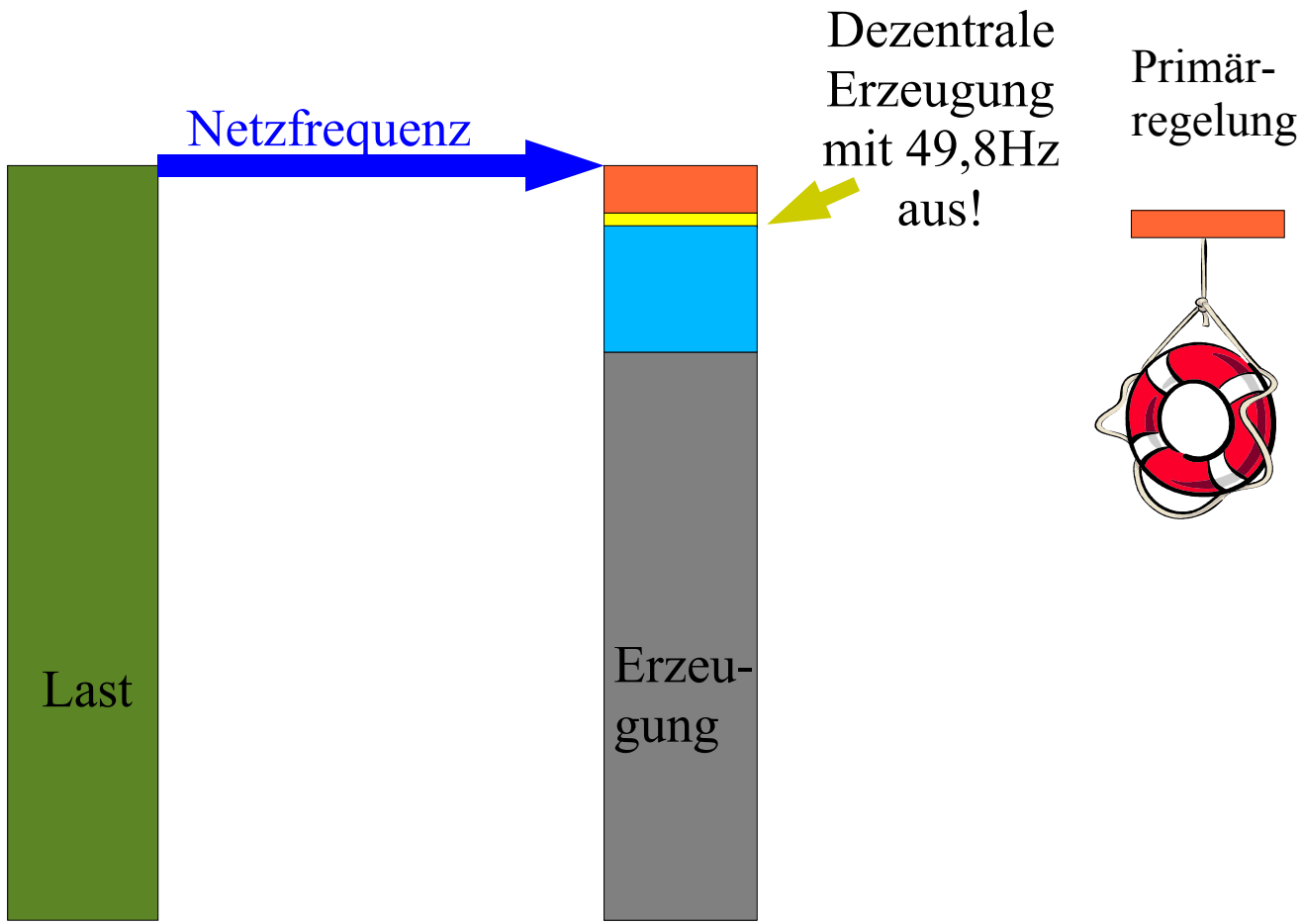

Netzfrequenz
Last
Erzeu-
gung
Primär-
regelung

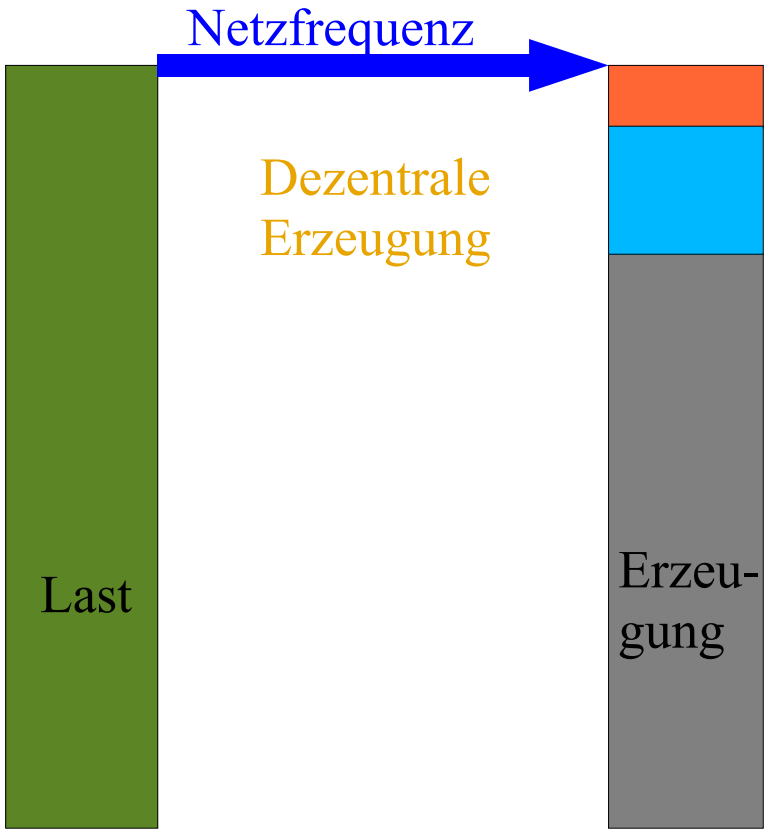


Die Einspeiserichtlinien für Windenenergie im Mittelspannungsnetz verlangen, daß das Netz bis zu einer Frequenz von 47,5 Hz weiter gestützt werden muß.

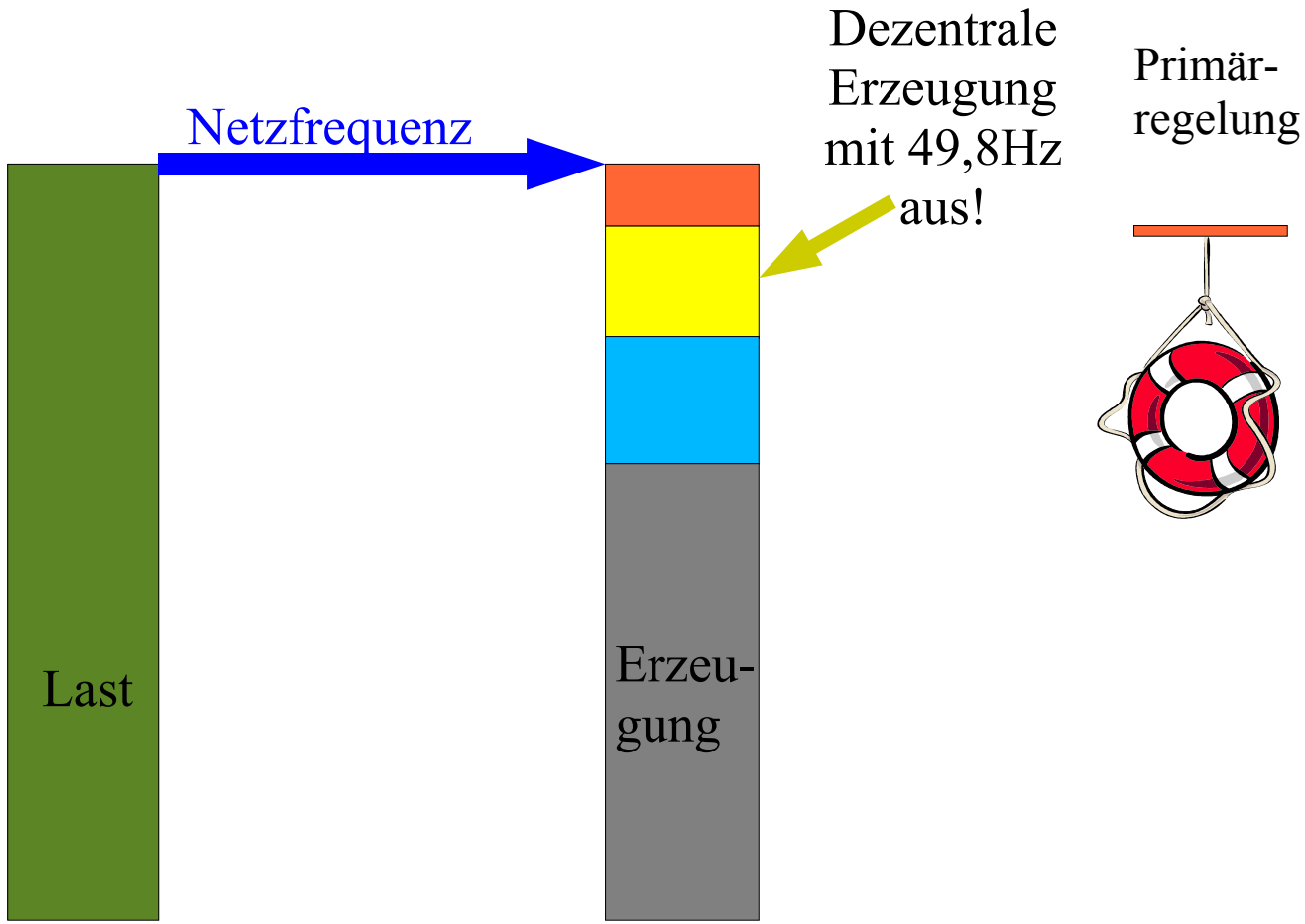


Für dezentrale Anlagen im Niederspannungsnetz, die nach DIN VDE 0126 angeschlossen sind, gilt die Anforderung, schon bei 49,8 HZ abzuschalten.
Wenn bei einer Störung die Netzfrequenz unter 49,8 HZ fällt, muß daher die plötzlich zusätzlich fehlende Leistung von der Primärregelung der Kraftwerke aufgebracht werden.


Netzfrequenz
Dezentrale Erzeugung mit 49,8Hz aus!
Primär-regelung
Last
Erzeu-gung

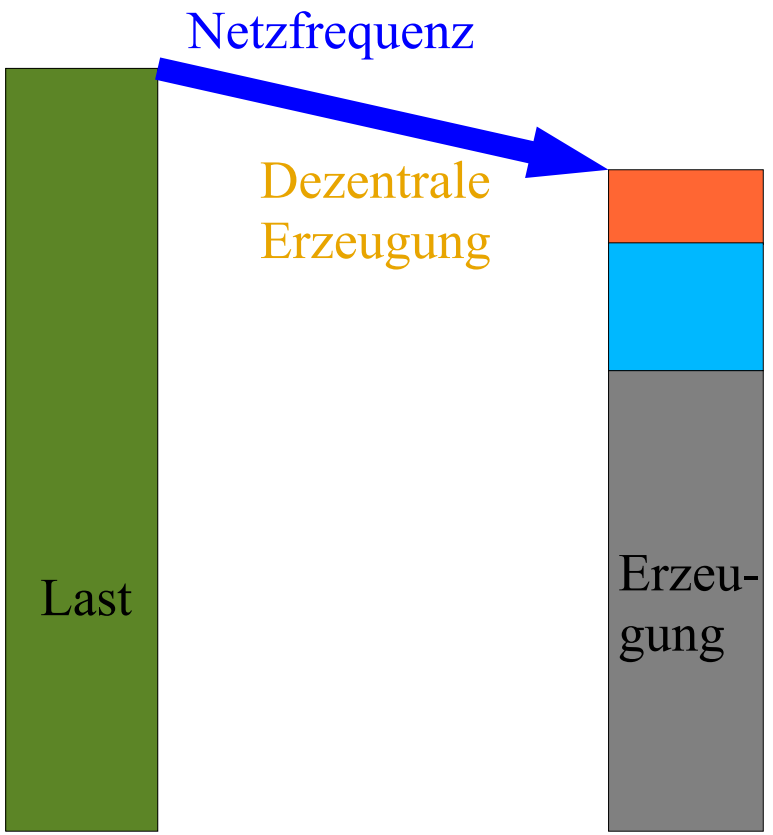


Primär-
regelung



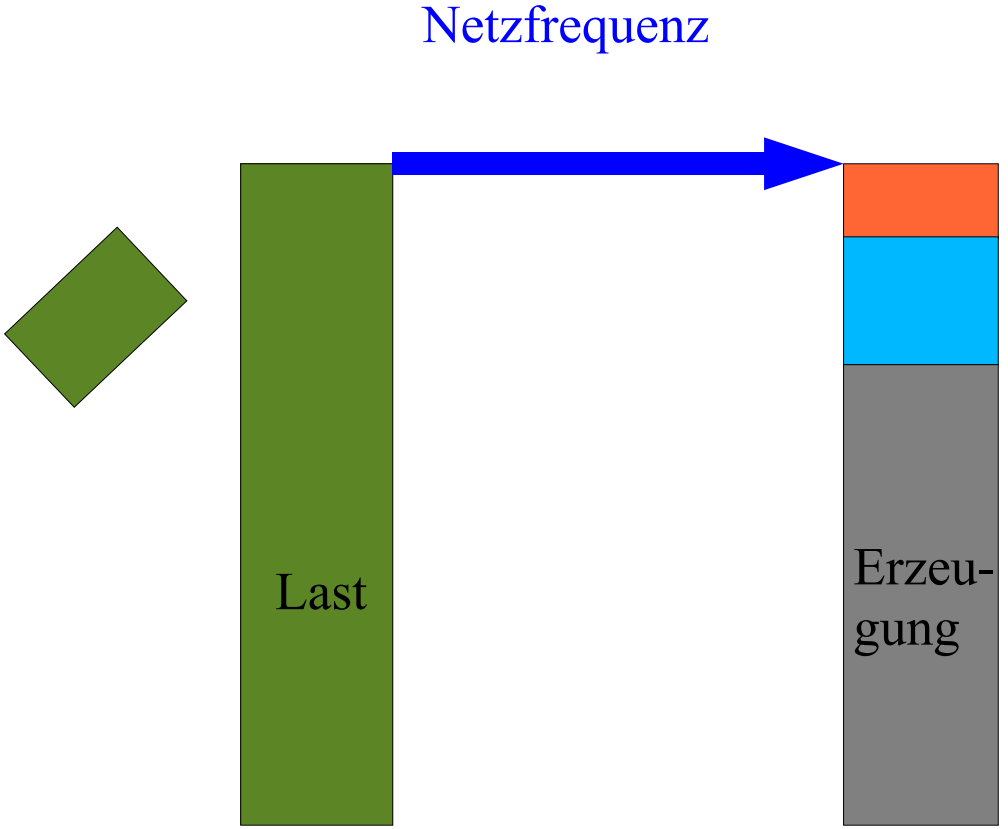
Wenn der Anteil solcher Anlagen größer wird, ist die dadurch entstehende Instabilität im Verbundnetz problematisch.

Primär-
regelung



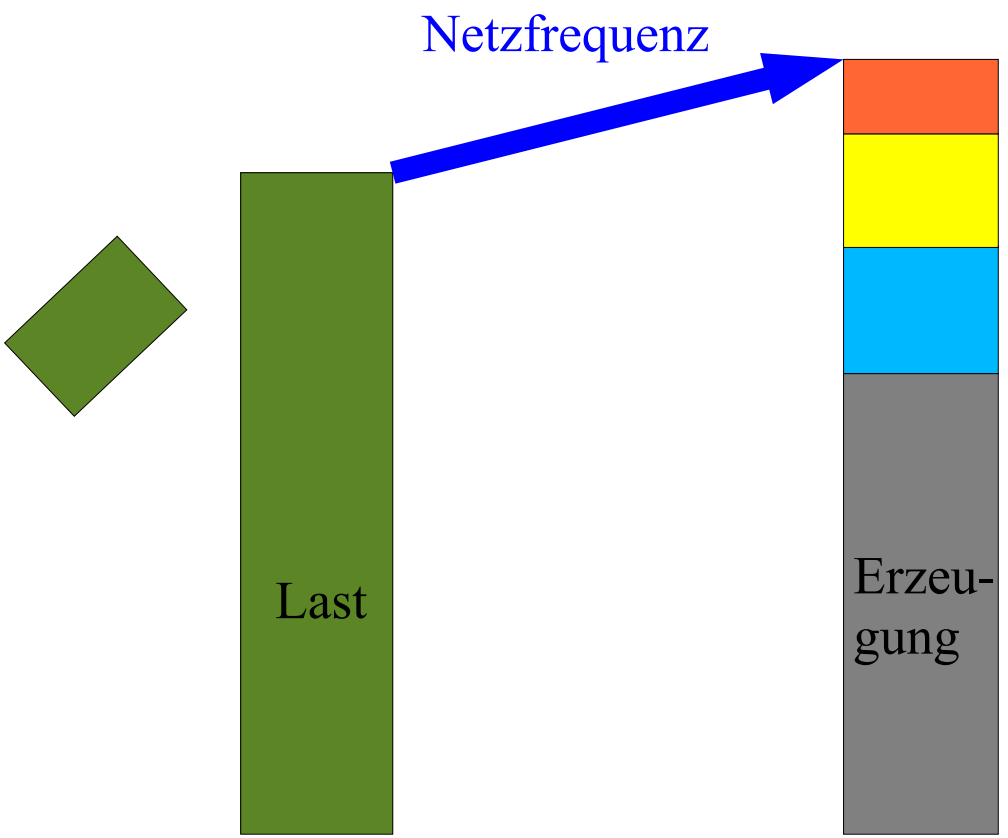
Wenn zusätzlich große Erzeugungsleistungen gleichzeitig genau in dem Moment gleichzeitig abgeschaltet werden, wenn gerade Leistung im Netz fehlt, kann die Primärregelung überlastet werden.

Primär-
regelung

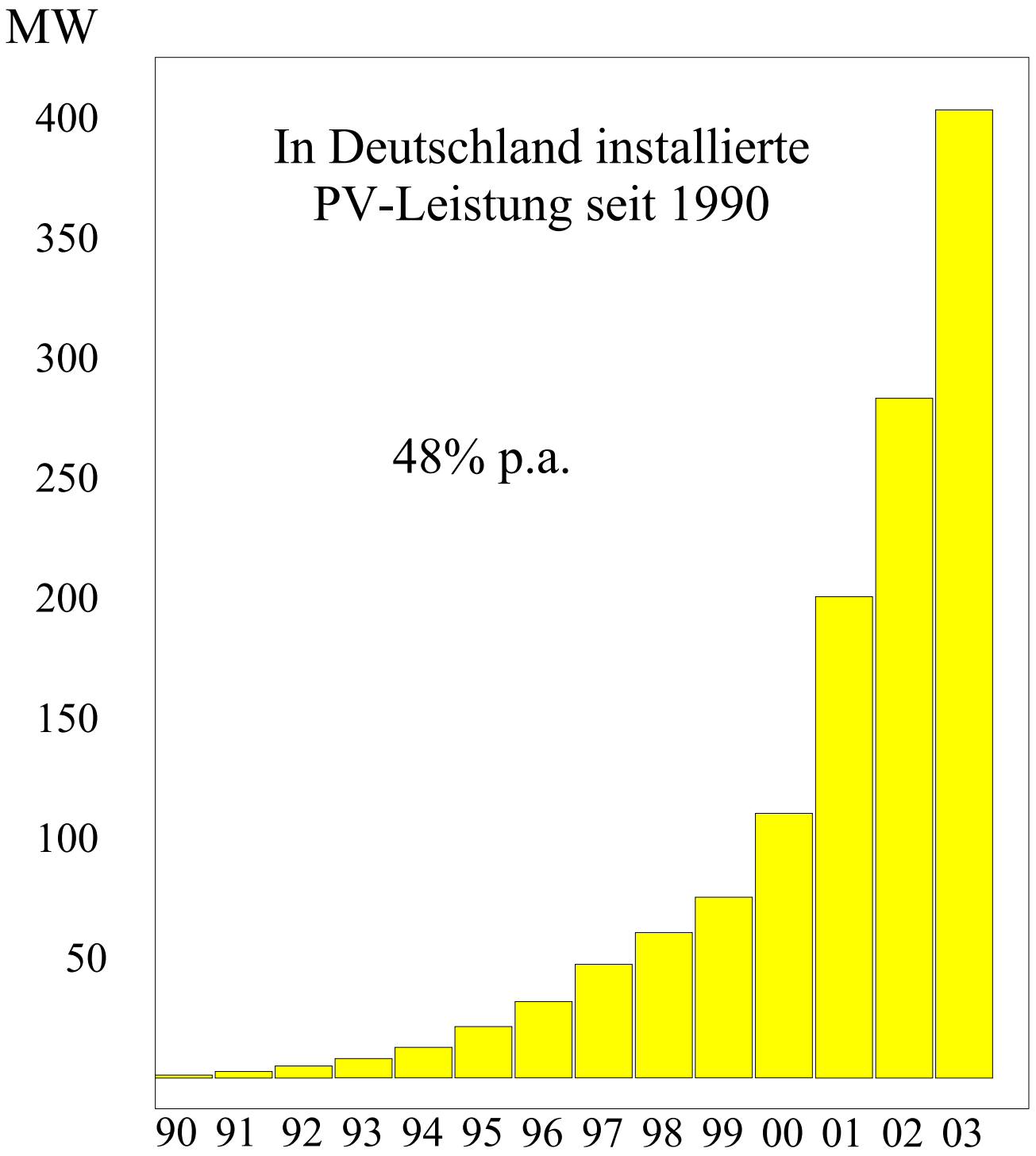


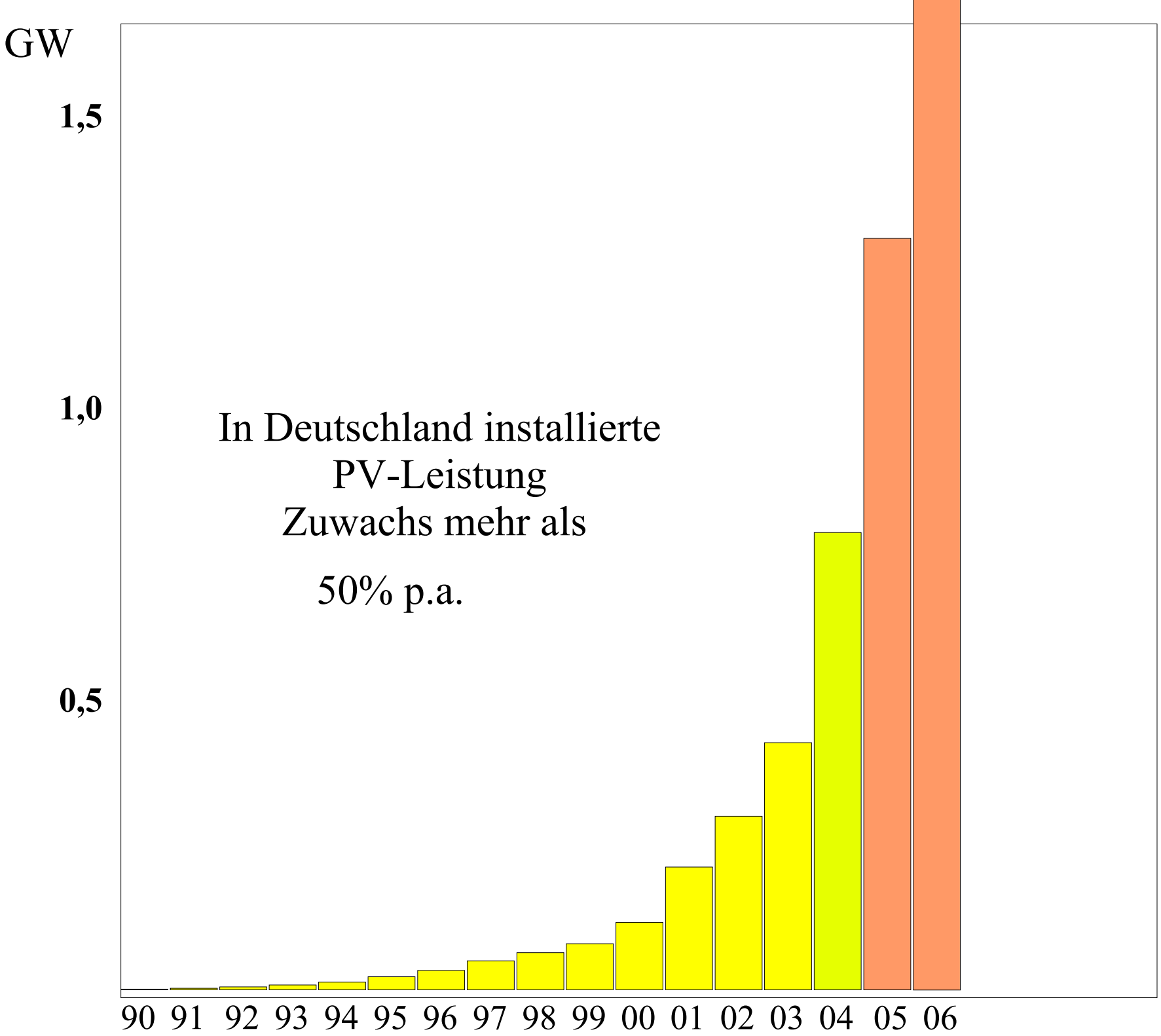
Dann kann das Netz nur noch durch Lastabwurf stabilisiert werden.

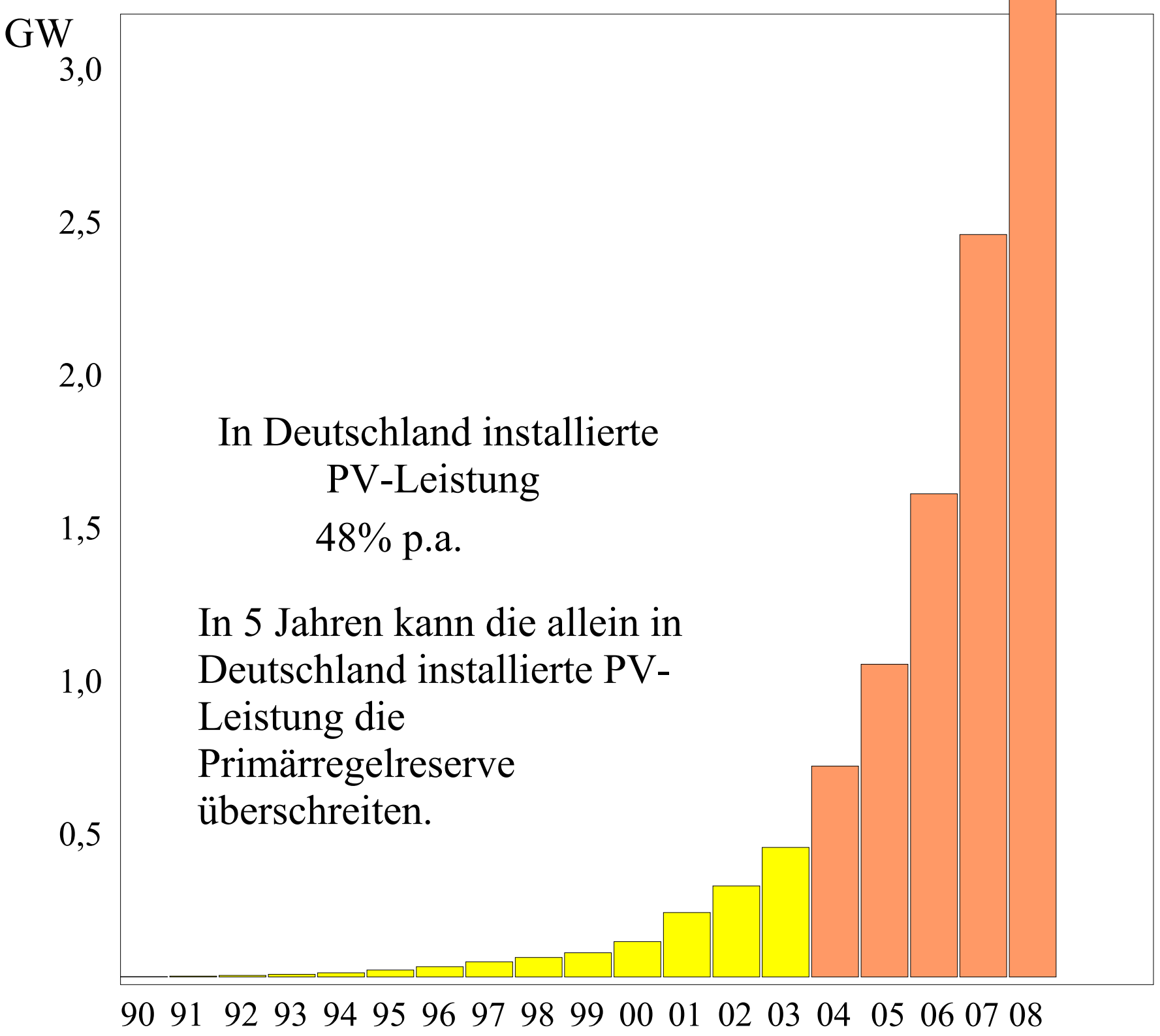
Primär-
regelung



Wenn die Frequenz von 49,8 Hz wieder überschritten wird, schalten alle diese Anlagen wieder ein und es entsteht ein plötzlicher Leistungsüberschuß im Verbundnetz.

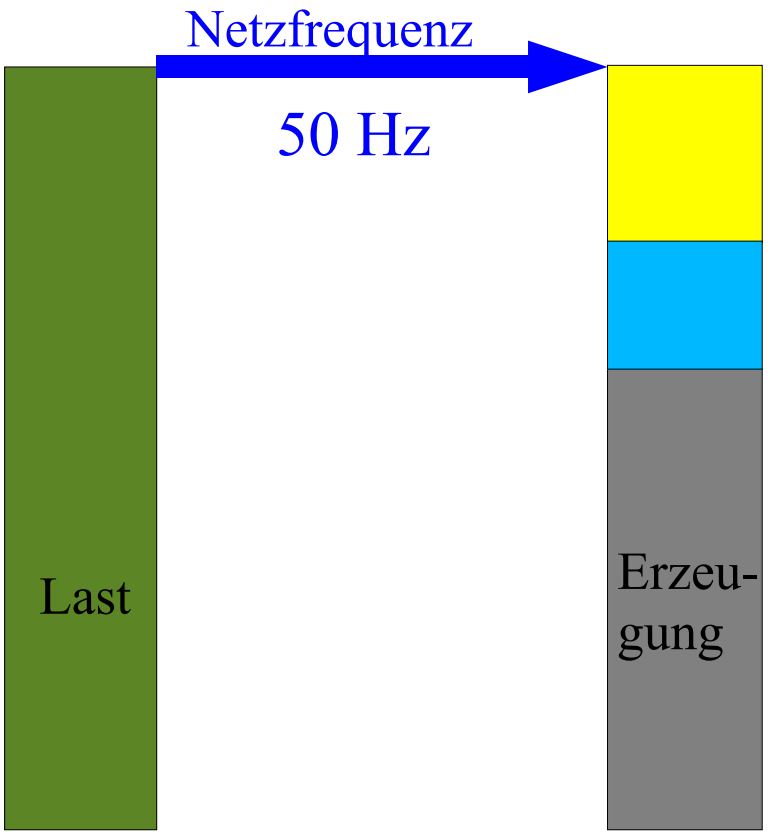

MW
400
350
300
250
200
150
100
50
In Deutschland installierte
PV-Leistung seit 1990
48% p.a.
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03


GW
1,5
1,0
0,5
In Deutschland installierte
PV-Leistung
Zuwachs mehr als
50% p.a.
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06


GW
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
In Deutschland installierte PV-Leistung
48% p.a.
In 5 Jahren kann die allein in Deutschland installierte PV-Leistung die Primärregelreserve überschreiten.
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 00 01 02 03 04 05 06 07 08

Fazit:
Ein weiteres Wachstum von DEA ist
nur möglich , wenn diese weitgehend
mit netzstabilisierenden Eigenschaften
ausgestattet sind.

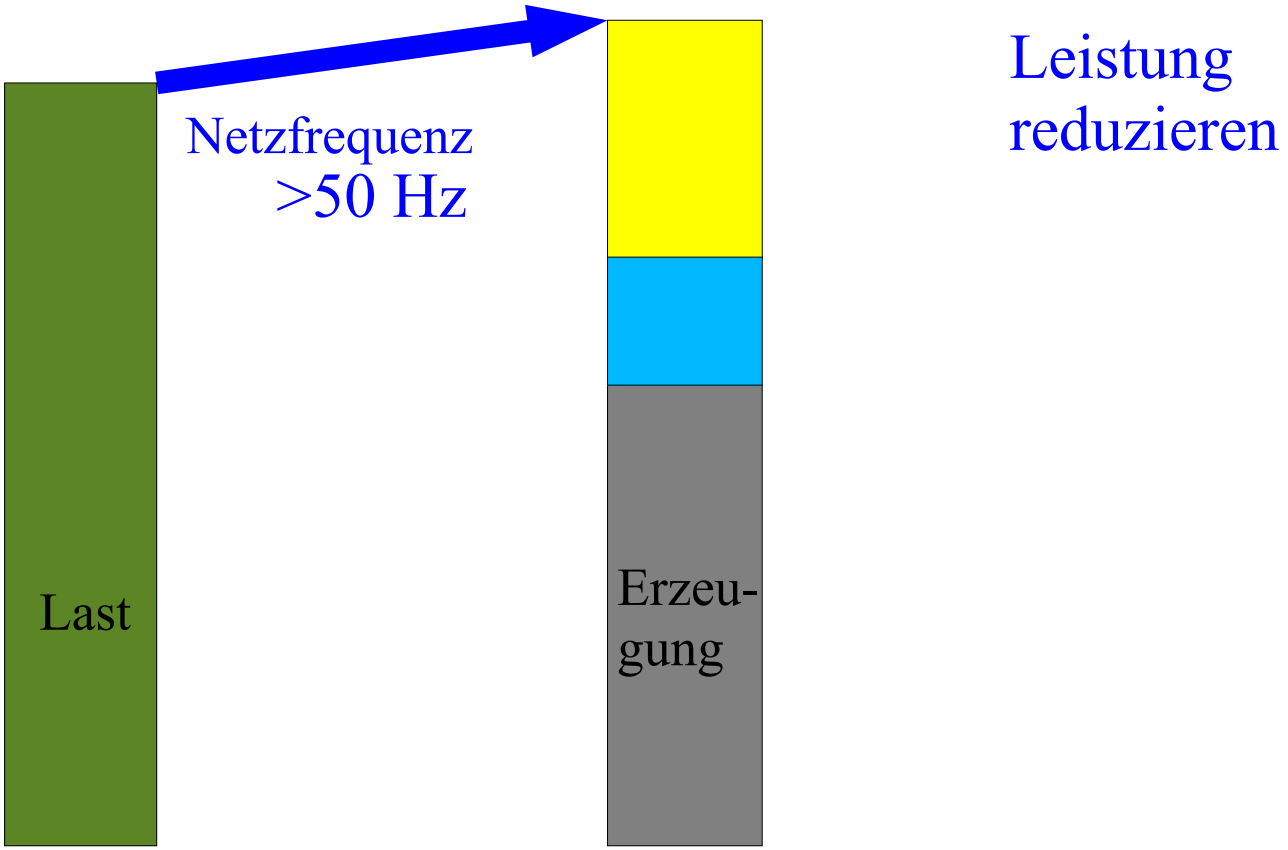
1. Beteiligung an der Primärregelung des Verbundnetzes



Keine Regelung

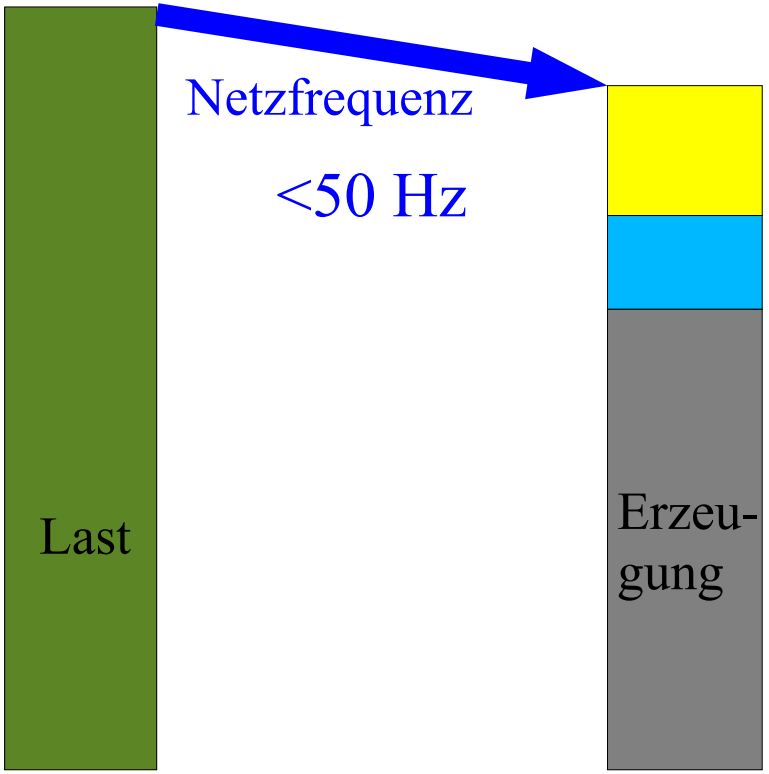
Fazit:
Ein weiteres Wachstum von DEA ist
nur möglich , wenn diese weitgehend
mit netzstabilisierenden Eigenschaften
ausgestattet sind.

1. Beteiligung an der Primärregelung des Verbundnetzes



Fazit:
Ein weiteres Wachstum von DEA ist
nur möglich , wenn diese weitgehend
mit netzstabilisierenden Eigenschaften
ausgestattet sind.

1. Beteiligung an der Primärregelung des Verbundnetzes



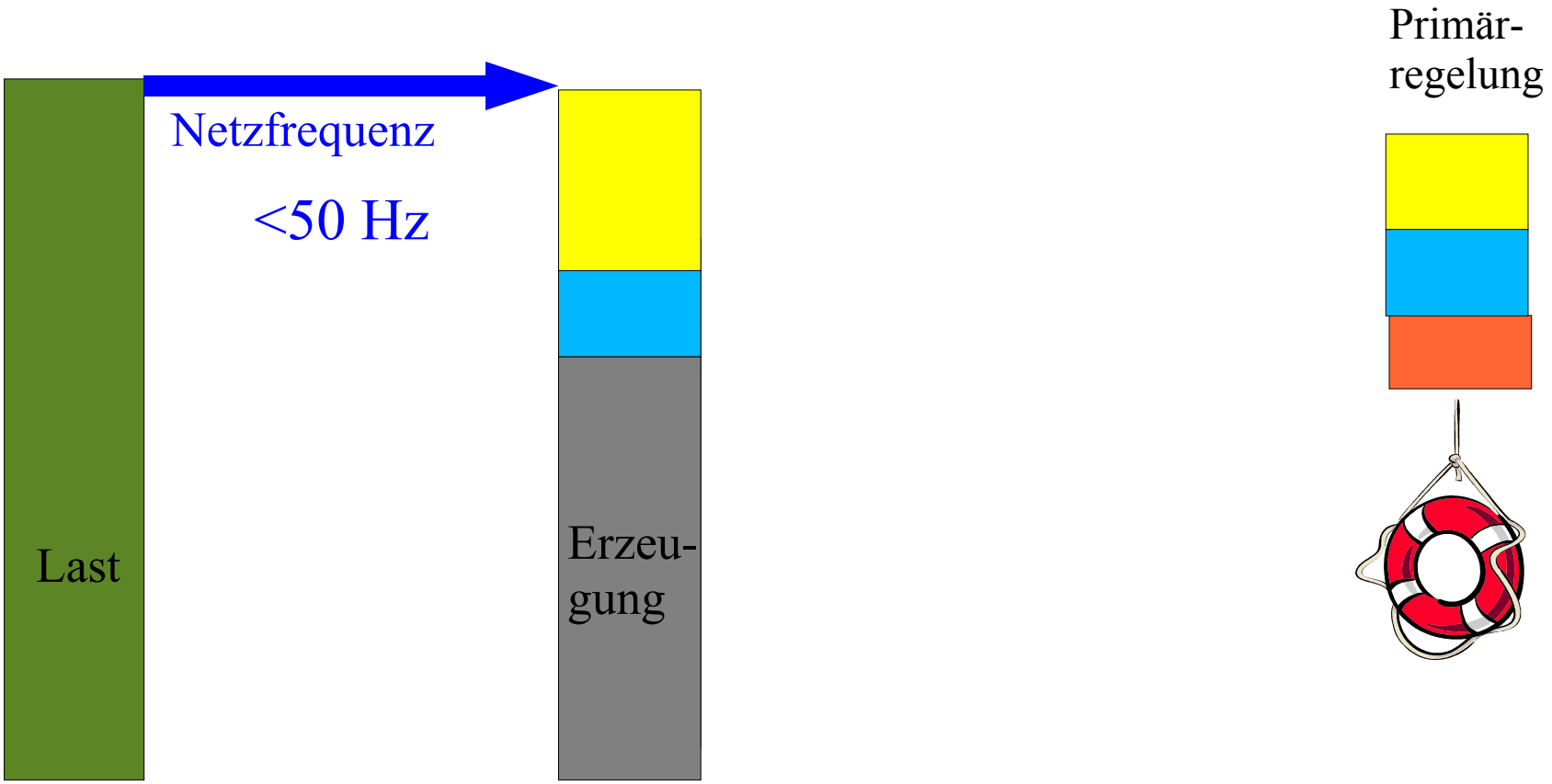
Leistung erhöhen!
Aber wie mit
Sonne und Wind?

Wo Wechselrichter vorhanden sind, können mit geringem Aufwand Batterien zur Bereitstellung von Regel- und Spitzenleistung genutzt werden .

Die Primärregelleistung könnte dezentral über eine Frequenzsteuerung aktiviert werden. Dafür ist keine weitere Kommunikation nötig.

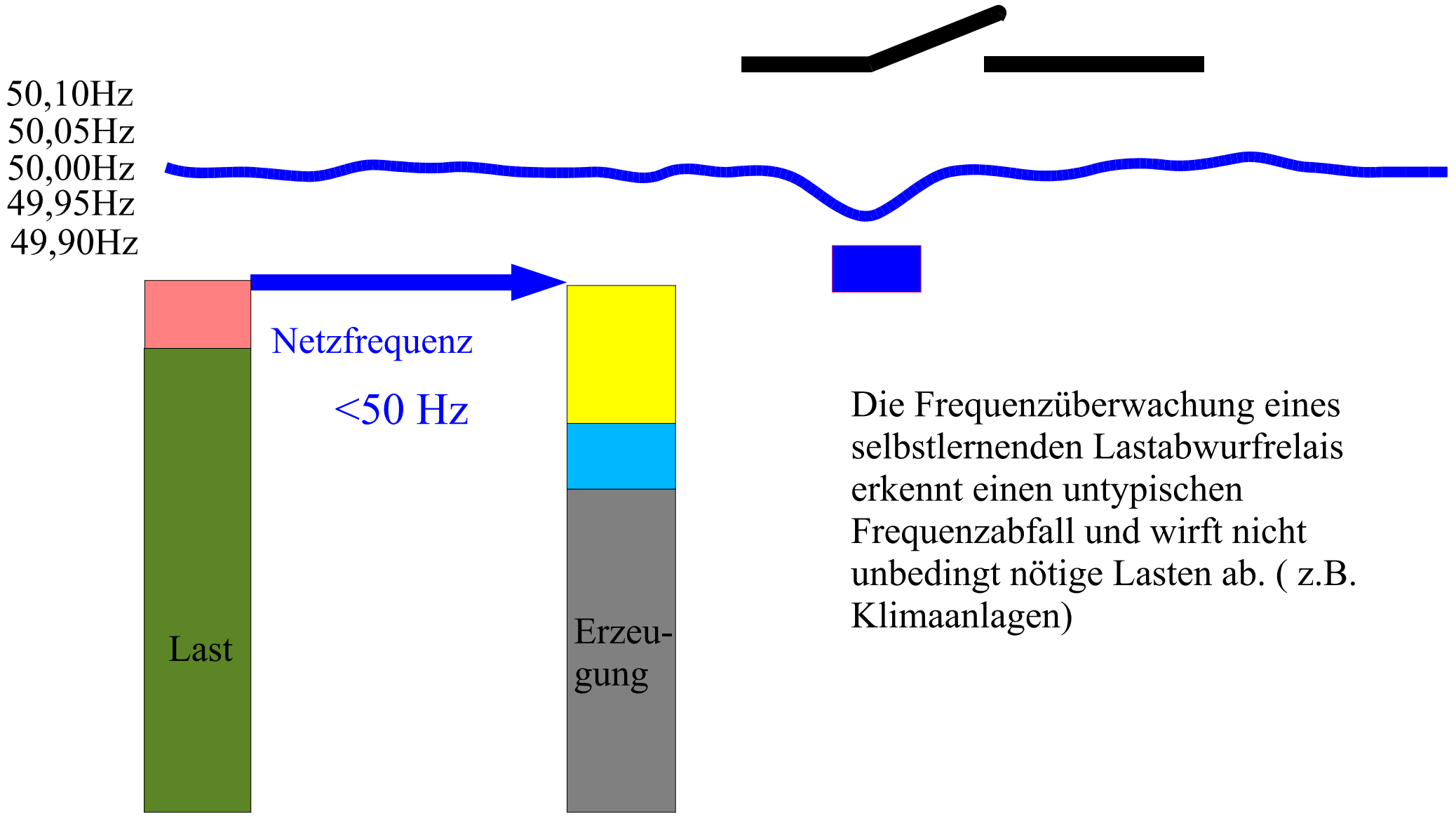
Fazit:
Ein weiteres Wachstum von DEA ist
nur möglich , wenn diese weitgehend
mit netzstabilisierenden Eigenschaften
ausgestattet sind.

1. Beteiligung an der Primärregelung des Verbundnetzes



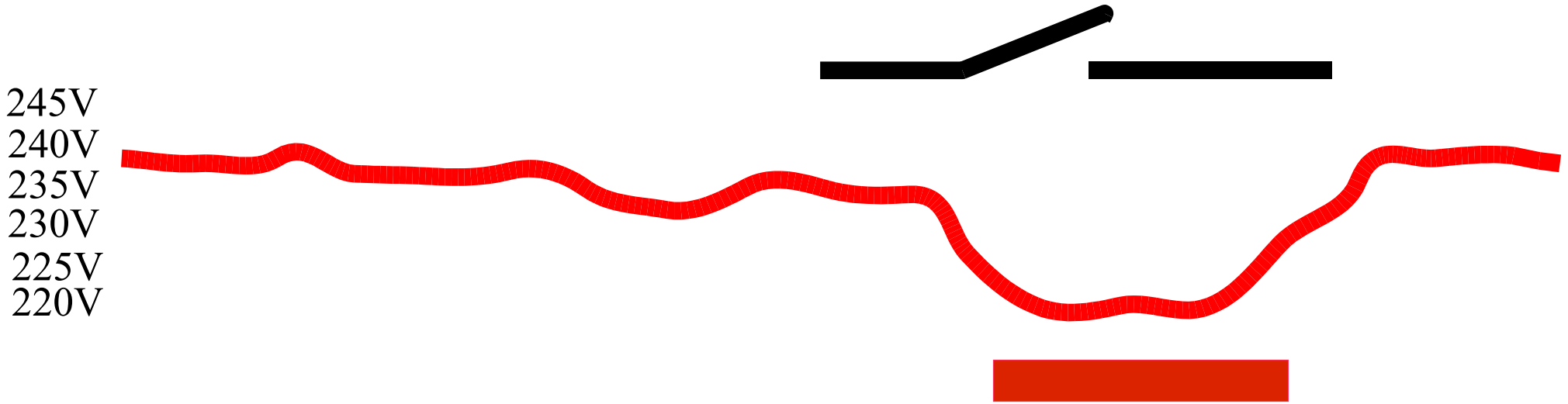
Auch Klein-BHKW könnten mit einer solchen Frequenzsteuerung Regelenergie liefern.

Positive Regelleistung kann auch durch dezentralen Lastabwurf ersetzt werden.



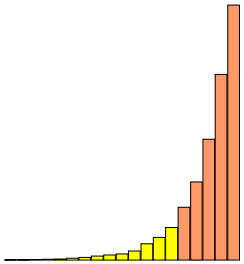
Die Frequenzüberwachung eines selbstlernenden Lastabwurfrelais erkennt einen untypischen Frequenzabfall und wirft nicht unbedingt nötige Lasten ab. (z.B. Klimaanlagen)

Positive Regelleistung kann auch durch dezentralen Lastabwurf ersetzt werden.



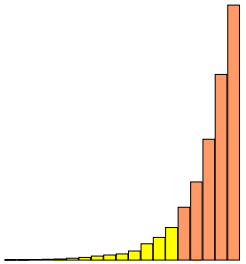
Die Spannungsüberwachung eines selbstlernenden Lastabwurfrelais erkennt einen untypischen Spannungsabfall und wirft nicht unbedingt nötige Lasten ab. (z.B. Klimaanlagen)

Zusammenfassung:

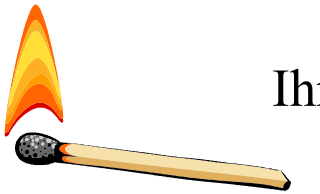


DEA haben große Zuwachsraten

Zusammenfassung:

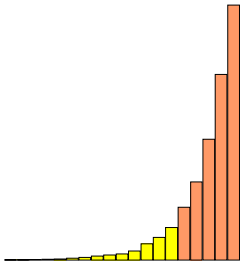


DEA haben große Zuwachsraten

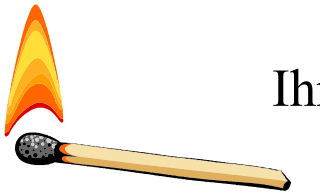


Ihr möglicher Einfluß im Netzverbund muß beachtet werden

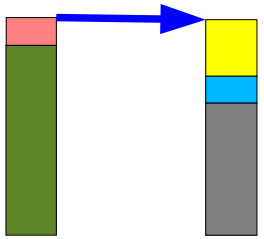
Zusammenfassung:



DEA haben große Zuwachsraten

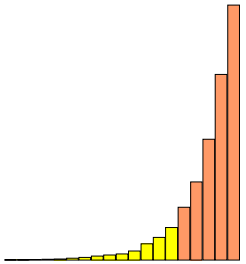


Ihr möglicher Einfluß im Netzverbund muß beachtet werden

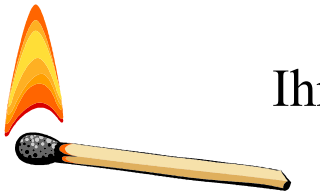


Mit dezentralen Komponenten läßt sich theoretisch eine hohe Stabilität im Netz erreichen.

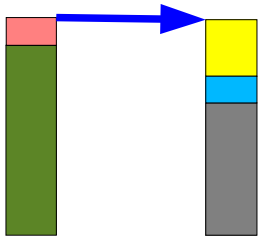
Zusammenfassung:



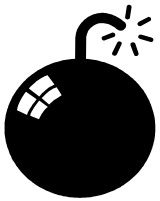
DEA haben große Zuwachsraten



Ihr möglicher Einfluß im Netzverbund muß beachtet werden



Mit dezentralen Komponenten läßt sich theoretisch eine hohe Stabilität im Netz erreichen.



Ein dezentral geregeltes Energienetz ist unempfindlicher gegenüber Angriffen!

Dies ist sehr interessant für den Export. In vielen Ländern ist die Energieversorung nicht so sicher und stabil wie in Deutschland. Technologie zur dezetralen stabilisierung von Stromnetzen kann ohne Bedenken in jedes land Exportiert werden.