

## Installation der Blindleistungskompensation mit Energieerzeugungsanlagen



In der Schweiz werden immer mehr Energieerzeugungsanlagen (EEA), üblicherweise Photovoltaikanlagen (PVA), installiert. Dabei steht die korrekte Einbindung der (bestehenden) Blindleistungskompensationsanlage weniger im Fokus. Dieses Dokument soll dem Anlagenbetreiber eine einfache Übersicht möglicher Massnahmen zur korrekten Einbindung der Blindleistungskompensationsregelung geben. Jedoch sollte hierbei immer in Absprache mit dem lokalen Elektrizitätswerk (EW) gehandelt werden.

In der unteren Abbildung 1 ist eine Installation mit Motoren und Pumpen (induktiven Verbrauchern) sowie der korrekt installierten Blindleistungskompensationsanlage (BLK) abgebildet. Diese misst mit ihrem Stromwandler den gesamten Leistungsfluss und kompensiert auf einen  $\cos(\varphi)$  von gewöhnlich 0.96 induktiv (den mindestens zu erreichenden  $\cos(\varphi)$  wird vom lokalen EW in den Werkvorschriften (WV) definiert).

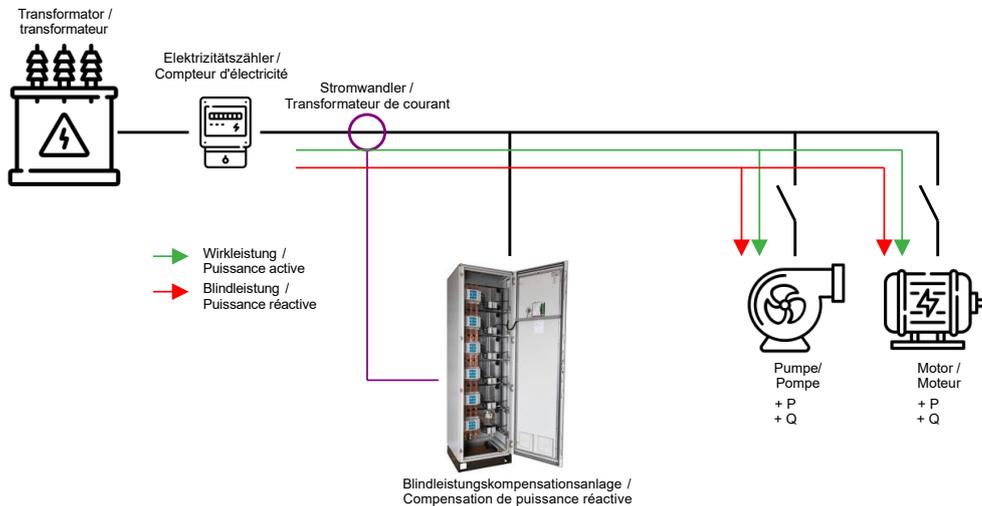


Abbildung 1 Schematische, vereinfachte einphasige Übersicht einer elektrischen Installation mit induktiven Verbrauchern und einer Blindleistungskompensation mit kapazitiven Kondensatorstufen.

Durch die BLK wird die Blindleistung auf ein Minimum (gemäss eingestelltem  $\cos(\varphi)$ ) kompensiert und die Kosten für Blindenergie fallen weg.

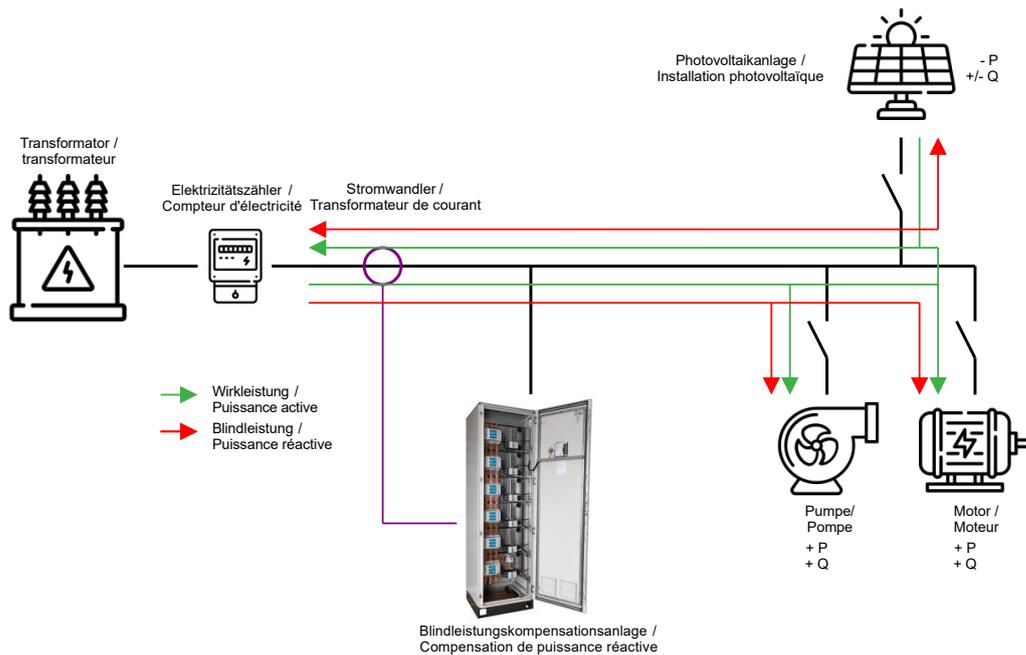


Abbildung 2 Schematische, vereinfachte einphasige Übersicht einer elektrischen Installation mit induktiven Verbrauchern, einer Blindleistungskompensation mit kapazitiven Kondensatorstufen und nun einer neuen Photovoltaikanlage.

Bei einer nachträglichen Installation bspw. einer Photovoltaikanlage, zu sehen in der Abbildung 2, wird sich folgendes verändern:

- Der abgelesene  $\cos(\varphi)$  auf dem Regler der BLK oder sonstigen Universalmeßgeräten (UMG), mit einem Stromwandler am Einspeisepunkt der Installation, schwankt stark. Trotzdem arbeitet die BLK korrekt (Mit Ausnahme eines alten Regelgerätes, welches nicht 4-Quadrantenfähig wäre). Das Schwanken des  $\cos(\varphi)$  entsteht, da je nach Grösse der PVA die Wirkleistung am Messpunkt stark abnimmt oder gar negativ wird. Bei gleichbleibender Blindleistung der induktiven Verbraucher wird das Verhältnis des  $\cos(\varphi)$  schlechter. Mathematisch kann dies durch die Berechnung des  $\cos(\varphi)$  wie folgt beschrieben werden:

$$\cos(\varphi) = \frac{P_{\text{Wirkleistung}}}{S_{\text{Scheinleistung}}} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

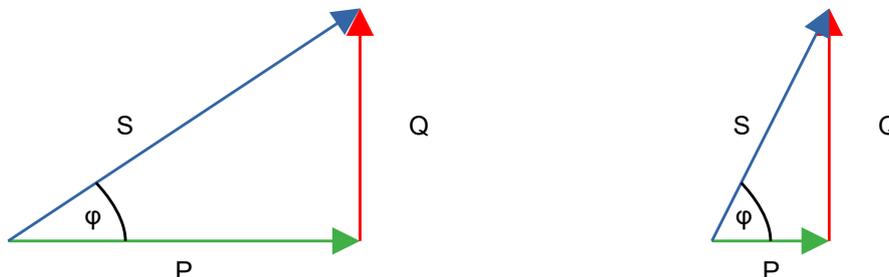


Abbildung 3 Leistungsdreieck links ohne PVA, rechts mit PVA (Reduktion der Wirkleistung und Anhebung des Winkels  $\varphi$ )

Zusätzlich zur mathematischen Ansicht kann dies auch gemessen werden, zu sehen in der folgenden Abbildung 4:

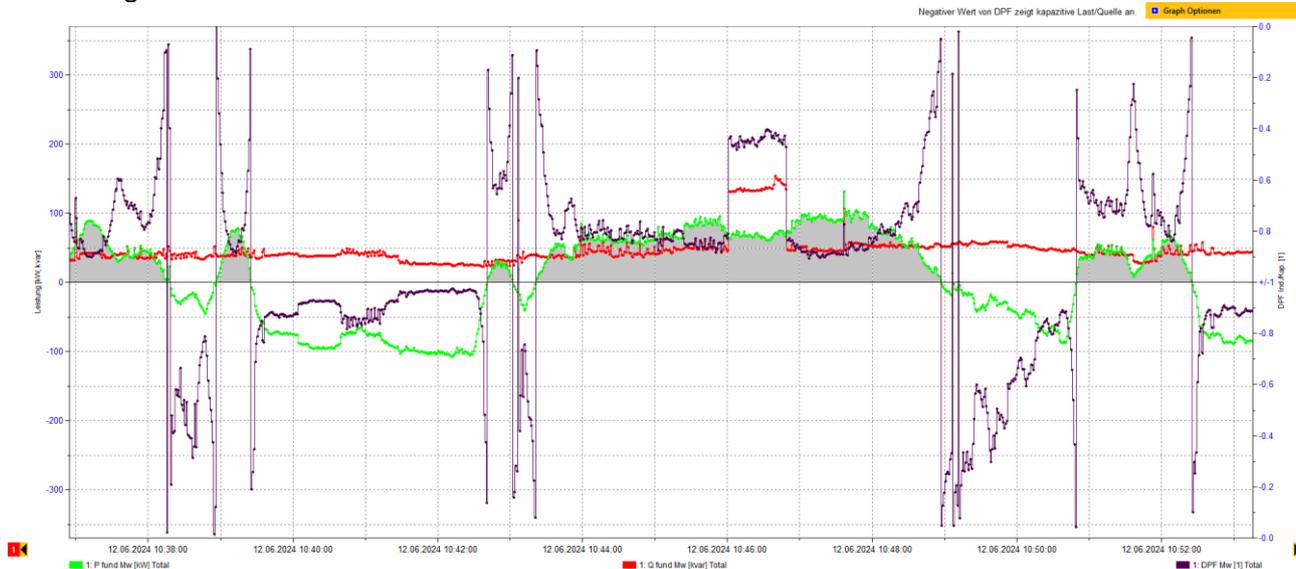


Abbildung 4 Ausschnitt einer Messung am Einspeisepunkt mit Rückspeisung an Wirkleistung, verursacht durch eine PVA. Gemessen wird die Wirkleistung  $P$  (grün, in kW), die Blindleistung  $Q$  (rot, in kvar) und der  $\cos(\varphi)$  (violett, mit DPF beschriftet). Der  $\cos(\varphi)$  springt bei Rückspeisung in den kapazitiven Bereich, obwohl die Blindleistung selbst weiterhin induktiv ist. Dies ist mit der Formel zur Berechnung des  $\cos(\varphi)$  zu begründen und ist definitionssache der Messrichtung (Vergleich Verbraucher-Pfeilsystem (VPS) oder Erzeuger-Pfeilsystem (EPS))

**Daraus folgend muss nun die BLK mehr und auch schneller kompensieren als vorhin!  
Die Leistung der BLK muss ggf. erhöht werden, um im Falle einer gemessenen Wirkleistung von  $\approx 0\text{ kW}$  die ganze anliegende Blindleistung (= auf einen  $\cos(\varphi)$  von 1) kompensieren zu können.**

(Produktion der PVA kann je nach Wetter und Sonneneinstrahlung stark und schnell schwanken, daher ist eine schnell schaltende BLK wesentlich effektiver).

Falls die installierte EEA nun nur Wirkleistung produziert und keine netzstützende Funktion durchführt, müssen je nach Situation vor Ort folgende Massnahmen getroffen werden:

- Erweiterung der Leistung der BLK, um auch im Falle hoher Produktion der EEA genügend Blindleistung kompensieren zu können.
  - Die Ausgangsleistung der EEA kann ggf. in Absprache mit dem Hersteller so eingestellt werden, dass diese einen geringen Teil an Blindleistung erzeugt, um die BLK entlasten zu können. Die Einbusse an Effizienz ist üblicherweise gering.
  - Ersatz oder Erweiterung der vorhandenen konventionellen BLK durch eine schnell schaltende/regelnde BLK (dynamische Kompensationsanlage oder Aktivfilter) um die schnellen Wechsel der Wirklast abfangen zu können.
- Der Soll- $\cos(\varphi)$  kann auf 0.96 belassen werden, da die Messung an der Einspeisung erfolgt (gleicher Messpunkt wie das lokale EW).

Falls die installierte EEA nun zusätzlich zur Produktion von Wirkleistung eine netzstützende Funktion erfüllt, müssen andere Massnahmen getroffen werden.

Folglich die Erläuterung zur Produktion mit netzstützender Funktion:

- Im Falle einer netzstützenden Produktion der EEA soll gemäss der Branchenempfehlung «NA/EEA-NE7 – CH 2020» vom Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) produziert werden. Hierbei wird bei einer bestimmten Abweichung der Spannung durch Einspeisung von zusätzlichem Blindstrom diese erhöht oder abgesenkt (Ab einer Leistung von 3.6kVA, gemäss  $Q(U)$  Kennlinie des Kapitels 5.3).

**Die in der Abbildung 2 installierte BLK würde zusätzliche Blindleistung, welche durch die PVA bereitgestellt wird, nun versuchen zu kompensieren und gefährdet dadurch die Netzstabilität.**

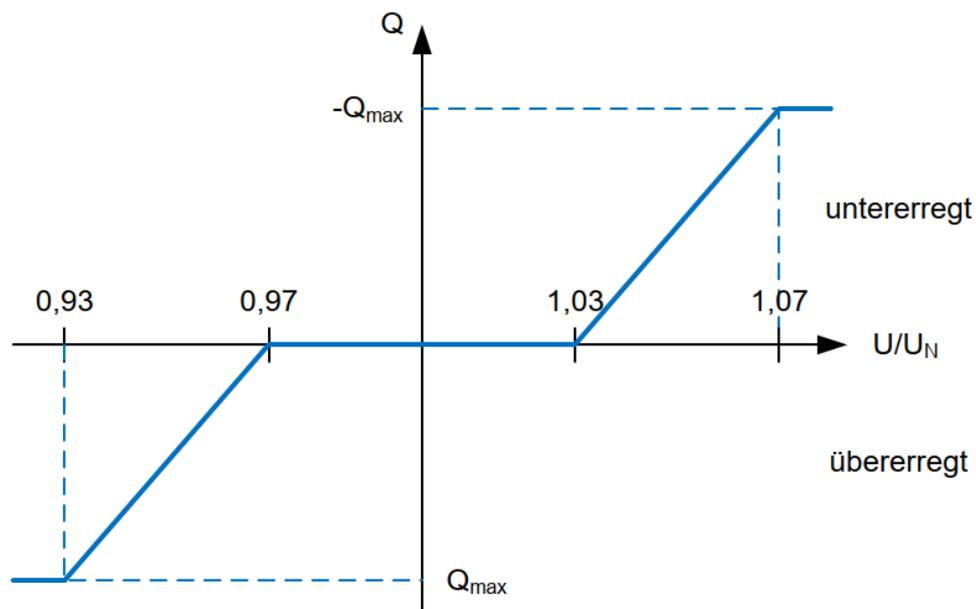


Abbildung 5 Ausschnitt der Blindleistung nach Spannungsregelung ( $Q(U)$ ) der EEA, aus der Branchenempfehlung NA/EEA-NE7 – CH 2020 des VSE

Um Blindenergiekosten zu vermeiden **und** die Netzstabilität zu gewährleisten, gibt es zwei Lösungsansätze.

Das Ziel ist es nun, die Produktion der PVA mit der Messung der BLK **nicht** mehr zu sehen. Dies kann durch einen Einbau eines zusätzlichen Stromwandlers in der Einspeisung der PVA durchgeführt werden, wobei beide Ströme (Gesamtmessung und Produktion PVA) addiert werden und somit die PVA in der Messung der BLK «verschwindet». Dies ist in der unteren Abbildung 6 zu sehen (Genauere Verdrahtung im Anhang, Abbildung 8).

**Wichtig ist hierbei, dass der Soll-cos( $\varphi$ ) der BLK von 0.96 auf 1 erhöht wird!**

Ansonsten wird das EW an seinem Zählpunkt bei Produktion der PVA vermutlich einen zu geringen cos( $\varphi$ ) messen und mit der Verrechnung von Blindenergie beginnen.

**Ebenfalls muss die PVA auf einen cos( $\varphi$ ) von 1 eingestellt sein, da ansonsten eine Überkompensation durch die BLK erfolgen kann!**

Ein positiver Nebeneffekt ist hierbei die «korrekte» Anzeige des cos( $\varphi$ ) auf der Regeleinheit der BLK.

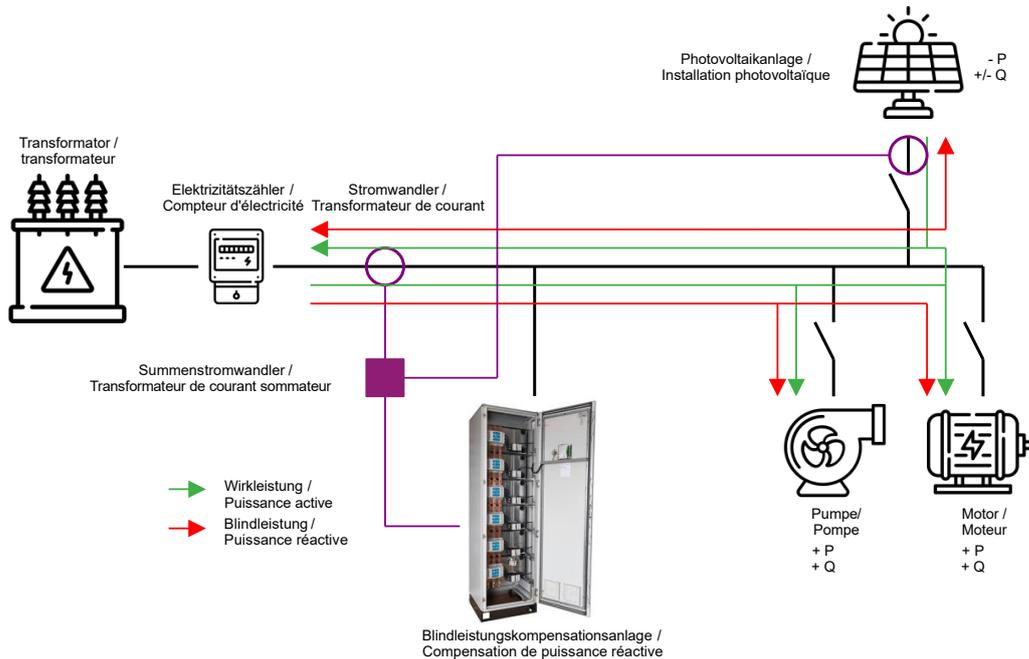


Abbildung 6 Korrekte Anpassung der Strommessung der Blindleistungskompensation mit einem zusätzlichen Stromwandler und Summenstromwandler.

Falls eine separate Messung der PVA nicht möglich ist, bspw. bedingt durch den Aufbau der vorhandenen Elektroinstallation (PVA in einer Unterverteilung weit weg von der Hauptverteilung angeschlossen), muss für eine Lösungsfindung Kontakt mit dem lokalen EW aufgenommen werden. Im Falle einer konventionellen BLK könnte ein Kompromiss eingegangen werden, indem ein tieferer cos( $\varphi$ ) von etwa 0.93 eingestellt wird, um so im Falle einer geringeren Netzstützung dies nicht gleich wegzukompensieren.

Im Falle einer dynamischen Blindleistungskompensation oder Aktivfilteranlage ist dies jedoch nicht möglich, da diese auch induktive Blindleistung kompensieren können und den cos( $\varphi$ ) so auf den Einstellwert von 0.93 «herunterdrücken» würden.

Die zweite Lösung wäre bei einer Neuinstallation einer PVA gleich deren Abgang so zu verschieben, dass die BLK die PVA nicht mehr misst. Somit entfällt der Einbau eines zusätzlichen Wandlers. **Jedoch muss der Soll-cos( $\varphi$ ) der BLK trotzdem auf 1 eingestellt werden.**

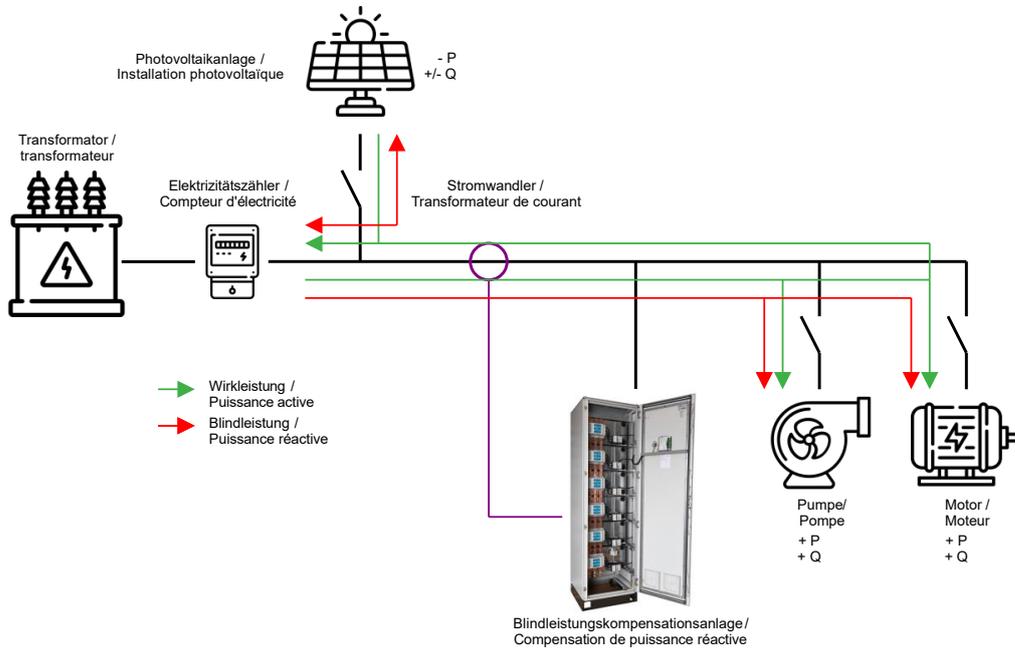


Abbildung 7 Korrekte Installation einer Photovoltaikanlage bei einer vorhandenen Blindleistungskompensationsanlage.

Anhang

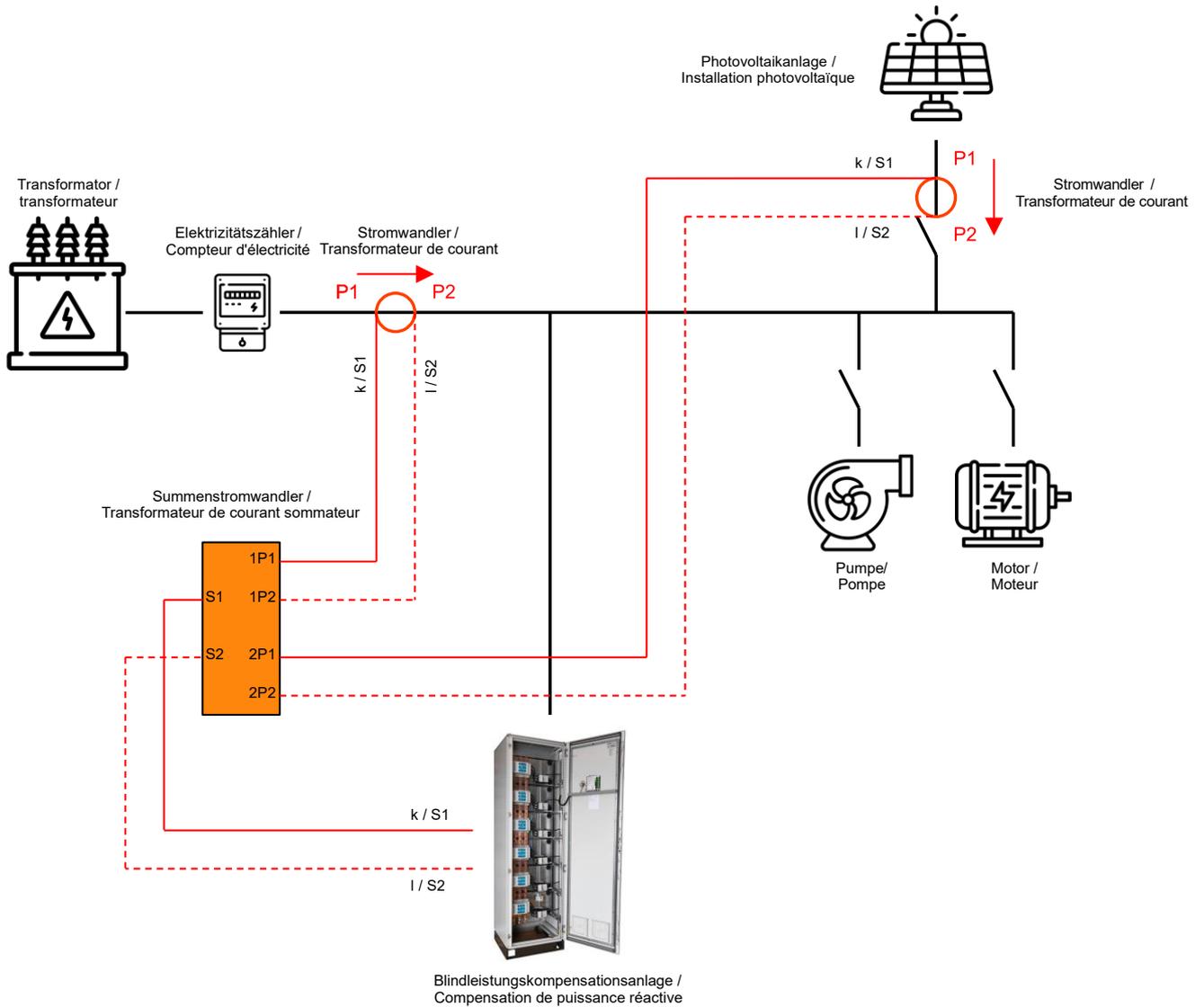


Abbildung 8 Detaillierte Betrachtung der Verdrahtung gemäss Aufbau in der Abbildung 6.