Häufige Fragen (FAQ)

zur elektronischen Strom- und Netzoptimierungsanlage ESO

Von den Grundlagen über die Technik bis zu Wirtschaftlichkeit,
Installation und Unterlagen.

© ESO Elektronische Stromoptimierung Inh. Michael Grün

Inhaltsverzeichnis

Grundlagen 4
- Was ist das ESO-System? 4
- Für wen eignet sich das System? 4
- Worauf beruht die Einsparung? 4
- Was verursacht Verluste in Stromnetzen? 5
- Was sind Oberschwingungen? 5
- Was sind Störimpulse (Transienten)? 5
- Seit wann gibt es das ESO-System? 5

Technik und Funktionsprinzip 5
- Arbeitet die ESO mit geschalteten Kondensatorstufen oder mit aktiver Leistungselektronik? 5
- Wie ist die Anlage aufgebaut? 6
- Welche Größen misst und regelt die Anlage? 6
- Wie schnell reagiert die Anlage - und worauf beziehen sich die Werte? 7
- Können Resonanzen entstehen? 8
- Funktioniert die ESO auch in Betrieben mit vielen Frequenzumrichtern? 8
- Kann die ESO die Wirkleistung (kWh) senken? 8
- Warum senkt ein besserer Leistungsfaktor die Verluste? 9

Messung und Nachweis 9
- Wie lässt sich der Erfolg belastbar messen? 9
- Was zeigt die Momentanzeige am Gerät? Wie wird die Einsparung in kWh bestimmt? 9

Wirtschaftlichkeit, Garantie und Förderung 10
- Wie viel kann ich sparen? 10
- Wie schnell amortisiert sich die Anlage? 10
- Was kostet die Anlage? 10
- Wie lange dauert die Lieferung, und steht meine Produktion still? 10
- Gibt es eine Einspargarantie? 11
- Gibt es Finanzierung oder Leasing? 11
- Ist die Anlage förderfähig? 11

Installation und Betrieb 12
- Wie wird die ESO installiert und was kostet die Montage? 12
- Kann die Anlage erweitert werden? 12
- Wie aufwändig sind Betrieb und Wartung? 13
- Lässt sich die Anlage in ein Energiemanagementsystem einbinden? 13
- Was muss ich bauseits stellen? 13
- Wir haben eine PV-Anlage. Passt das zusammen? 14
- Wo passt die Anlage nicht? 14
- Die wichtigsten allgemeingültigen Kennwerte im Überblick 14

Prüfung, Konformität und Unterlagen 16
- Wie wird die Anlage geprüft? Im Werk, bei der Installation und im Betrieb? 16
- Welche Konformität erfüllt die Anlage? 16

© ESO Elektronische Stromoptimierung Inh. Michael Grün

Grundlagen

Was ist das ESO-System?

ESO ist eine aktive, dynamische, halbleitergesteuerte, stufenlose elektronische Strom- und Netzoptimierungsanlage für induktive und kapazitive Lasten in Industrie und Gewerbe. Sie wird parallel zur bestehenden Elektroinstallation an die Niederspannungsverteilung angeschlossen und gleicht dort fortlaufend die Störanteile aus, die in jedem Betriebsnetz entstehen: pendelnde Stromanteile induktiver Verbraucher, Oberschwingungen und ungleiche Belastung der drei Außenleiter (Schieflast).

Netzseitig verbleibt ein weitgehend sinusförmiger, symmetrischer Wirkstrom. Das senkt die Verluste im eigenen Netz, verbessert die Netzqualität und entlastet Maschinen, Leitungen und Transformatoren.

Für wen eignet sich das System?

Für Unternehmen mit nennenswerten induktiven Lasten - zum Beispiel Motoren, Kompressoren, Kälte- und Klimatechnik oder Pumpen - und einem Jahresverbrauch ab etwa 100.000 kWh. Typische Branchen sind Produktion und Verarbeitung, Lebensmittelhandwerk, Landwirtschaft und Biogas, Hotellerie und Gastronomie sowie Autowaschanlagen.

Grundlage jeder Empfehlung ist die Analyse der Stromrechnungen beziehungsweise des Lastgangs; die Auslegung erfolgt individuell.

Worauf beruht die Einsparung?

Auf physikalischer Verlustreduktion im eigenen Betriebsnetz. Jeder Strom, der durch Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen fließt, erzeugt dort Wärmeverluste - und zwar quadratisch mit der Stromhöhe. Die ESO reduziert die Stromanteile, die keine Nutzarbeit verrichten. Verluste und Netzbezug sinken; in der Praxis unserer Referenzbetriebe geht der Jahresverbrauch um bis zu 15 Prozent zurück.

WIRKMECHANISMUS	EFFEKT
Leistungsfaktor-optimierung	Der Scheinstrom in Zuleitung, Transformator und Schaltanlage sinkt; die Stromwärmeverluste fallen quadratisch mit dem Strom.
Oberschwingungs-kompensation	Der Effektivstrom sinkt zusätzlich; Zusatzverluste im Transformator und die Erwärmung von Motorwicklungen nehmen ab.
Schieflast-kompensation	Ausgleichsströme zwischen den Außenleitern entfallen; der Neutralleiter wird entlastet, Motoren arbeiten näher am Auslegungspunkt.

Was verursacht Verluste in Stromnetzen?

Verluste entstehen vor allem durch die Widerstände von Leitungen und Transformatoren, durch einen ungünstigen Leistungsfaktor, durch Oberschwingungen aus nichtlinearen Verbrauchern sowie durch ungleiche Phasenbelastung. Als Größenordnung: Der Grundverlust einer Installation liegt bei rund 2 Prozent des Jahresverbrauchs (moderne, kurze Anlage) bis 5 Prozent (alte, weitläufige Anlage); ein schwacher Leistungsfaktor, Oberschwingungen und Schieflast kommen als Zuschläge hinzu - bei einer alten Anlage zusammen rund 10 Prozent Mehrverbrauch.

Was sind Oberschwingungen?

Stromanteile bei Vielfachen der 50-Hz-Netzfrequenz. Sie entstehen durch nichtlineare Verbraucher wie Frequenzumrichter, Schaltnetzteile oder LED-Technik, verrichten keine Nutzarbeit, erhöhen aber den Effektivstrom und erwärmen Leitungen, Transformatoren und Motorwicklungen. Besonders kritisch sind die durch drei teilbaren Ordnungen, die sich im Neutralleiter addieren statt aufzuheben. Die ESO kompensiert die Oberschwingungsströme der 2. bis 13. Ordnung (gerade Ordnungen im Auslieferungszustand nicht aktiviert, auf Anfrage konfigurierbar); typisch verbleibt ein Stromverzerrungsgrad (THDi) von höchstens 5 Prozent.

Was sind Störimpulse (Transienten)?

Kurzzeitige Spannungsspitzen, wie sie bei Schaltvorgängen von Pressen, Aufzügen, Schweißanlagen oder Kompressoren entstehen. Sie belasten Isolierungen und empfindliche Elektronik und können Steuerungen und Frequenzumrichter vorzeitig altern lassen oder abschalten. Den Stromverbrauch erhöhen sie nicht messbar; ihre Kosten entstehen über Ausfälle und Alterung. Die ESO ist kein Schutz gegen Störimpulse - dafür ist ein Blitz- und Überspannungsschutz nach DIN EN 62305 und DIN VDE 0100-534 gesondert vorzusehen.

Seit wann gibt es das ESO-System?

Kompensationstechnik ist seit Jahrzehnten industrieller Standard. Die ESO überträgt den heutigen Stand der Technik - die aktive, halbleitergesteuerte Kompensation - auf kleine und mittlere Betriebe. Die erste Anlage wurde 2014 erfolgreich installiert; seither ist das System an zahlreichen Standorten in Deutschland und Österreich im Einsatz. Hinter ESO steht ein inhabergeführtes Familienunternehmen aus Bruchsal.

Technik und Funktionsprinzip

Arbeitet die ESO mit geschalteten Kondensatorstufen oder mit aktiver Leistungselektronik?

Die ESO ist ein vollaktives System. Kernstück ist ein Dreipunkt-Wechselrichter mit Gleichspannungszwischenkreis auf IGBT-Basis, geregelt von einem Signalprozessor mit FPGA bei einer Schalt- und Regelfrequenz von bis zu 25,6 kHz. Die Anlage erzeugt einen Kompensationsstrom beliebiger Amplitude und Phasenlage - stufenlos und in beide Richtungen, induktiv wie kapazitiv.



Wirkungsweise der aktiven Kompensation (vereinfacht). Der gemessene Laststrom und der gegenphasig erzeugte Kompensationsstrom ergeben zusammen einen sinusförmigen Netzstrom.

Thyristorgeschaltete Kondensatorstufen enthält die Anlage nicht. Kondensatoren kommen ausschließlich im Gleichspannungszwischenkreis als interner Energiespeicher vor; sie sind nicht netzparallel geschaltet. Wo ältere oder vereinfachte Unterlagen von 'Kondensatorstufen' sprechen, ist damit die die thyristorgesteuerte Vorgängerbauart mit Kondensatorstufen gemeint. Sie ist vollständig durch die hier beschriebene Generation ersetzt; beide Beschreibungen gelten nie zugleich.

Gegenüber einer gestuften Anlage ergeben sich daraus drei Eigenschaften: stufenlose Regelung ohne Über- oder Unterkompensation, Kompensation in beide Richtungen mit einem Leistungsfaktor von mindestens 0,99 und der prinzipbedingte Verzicht auf eine Verdrosselung.

Wie ist die Anlage aufgebaut?

Die Anlage besteht aus dem Wandgehäuse mit dem Leistungsteil (Zwischenkreis, Wechselrichter, Filter), der Regelelektronik, der Anzeigeeinheit mit Touch-Display sowie einem Rogowski-Spulensatz (drei Spulen, mit Integrator) für die Strommessung. Sie wird parallel an die Niederspannungsverteilung angeschlossen und über eine eigene Vorsicherung abgesichert.

Welche Größen misst und regelt die Anlage?

Ein Rogowski-Spulensatz erfasst den Laststrom je Phase, die Spannungen werden am Anschlusspunkt gemessen. Der Signalprozessor zerlegt den Strom fortlaufend in seine Bestandteile und regelt den Kompensationsstrom entsprechend. Auf dem Display werden Netz- und Lastseite getrennt angezeigt - einschließlich Spektrumanalyse und Ereignisspeicher. Der Spannungsverzerrungsgrad (THDu) wird gemessen und angezeigt; geregelt wird der Strom. Die

Spannungsqualität verbessert sich mittelbar über geringere Spannungsfälle und geringere Verzerrung. Die folgenden Zielwerte werden ab einer Auslastung von 50 Prozent des Kompensationsstroms erreicht.

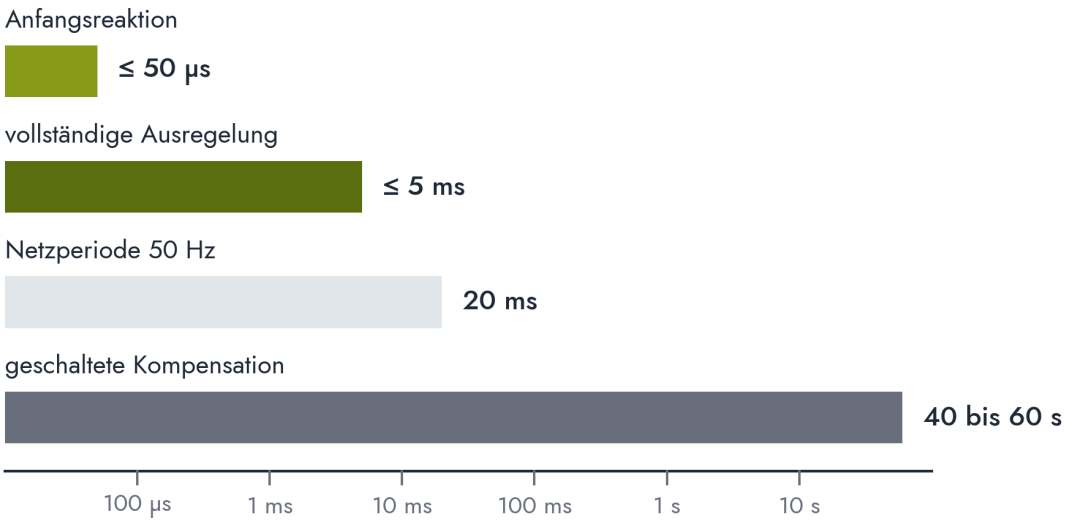
GEREGELTE GRÖSSE	ZIELWERT
Leistungsfaktor (cos φ)	mindestens 0,99; Regelbereich –1 bis +1
Oberschwingungsströme (THDi)	≤ 5 %; Ordnungen 2 bis 13
Unsymmetrie der Außenleiter	≤ 5 %
Neutralleiterstrom	Reduzierung lastabhängig nach Schieflast und Oberschwingungsanteil; der Neutralleiterstrom der Anlage beträgt betriebsmäßig höchstens den Bemessungsstrom je Phase

Wie schnell reagiert die Anlage - und worauf beziehen sich die Werte?

Die Anfangsreaktion der Leistungsstufe erfolgt in höchstens 50 µs; dieser Wert umfasst die Regelentscheidung und den Beginn der Stromänderung. Die vollständige Ausregelung von Leistungsfaktor und Schieflast ist nach *höchstens* 5 ms abgeschlossen - innerhalb eines Viertels der 20-ms-Netzperiode. Die Oberschwingungskompensation setzt eine Spektralanalyse über mindestens eine Grundschwingungsperiode voraus und wird innerhalb weniger Netzperioden wirksam. Die für das Messsystem genannte Antwortzeit von 20 ms ist davon unabhängig: Sie beschreibt, wie schnell der Messwert nach einem Sprung des Laststroms seinen Endwert erreicht, und nicht eine Verzögerung des Signals - den Stromverlauf überträgt das Messsystem kurvenformtreu, sonst ließen sich Phasenlage und Oberschwingungen nicht auswerten.

Damit werden auch schnell wechselnde Lasten wie Pressen, Schweißanlagen oder anlaufende Motoren erfasst. Geschaltete Kompensationsanlagen (Herkömmliche Kompensation) benötigen wegen der Entladezeit ihrer Kondensatoren typisch 40 bis 60 Sekunden zwischen zwei Schalthandlungen.

© ESO Elektronische Stromoptimierung Inh. Michael Grün



Reaktionszeiten im Vergleich auf logarithmischer Zeitachse: Anfangsreaktion und vollständige Ausregelung der ESO, die 20-ms-Netzperiode als Bezugsgröße und die typische Schaltpause geschalteter Kompensationsanlagen.

Können Resonanzen entstehen?

Nicht in der Weise, wie sie von klassischen Kompensationsanlagen bekannt sind. Eine Resonanz setzt eine netzparallel geschaltete Kapazität voraus, die mit der Induktivität des vorgelagerten Netzes einen Schwingkreis bildet - deshalb müssen Kondensatoranlagen verdrosselt werden.

Die ESO wirkt am Anschlusspunkt nicht als Kapazität, sondern als geregelte Stromquelle: Der Wechselrichter prägt den Kompensationsstrom aktiv ein, und die Regelung dämpft Abweichungen, statt sie anzuregen. Eine Verdrosselung entfällt daher prinzipbedingt. Zu beachten ist eine Einsatzgrenze: Im selben Verteilnetz dürfen keine verdrosselten Kompensationsanlagen betrieben werden. Eine unverdrosselte Bestandsanlage darf parallel weiterbetrieben werden, wenn sie im Messbereich des Rogowski-Spulensatzes liegt: Ihr Kompensationsstrom wird dann miterfasst und die ESO regelt nur den verbleibenden Bedarf aus.

Funktioniert die ESO auch in Betrieben mit vielen Frequenzumrichtern?

Ja, gerade dort. Frequenzumrichter regeln Motordrehzahlen effizient, gehören aber zu den Hauptquellen von Oberschwingungen: Konventionelle Geräte erzeugen Stromverzerrungen (THDi) von 35 bis über 100 Prozent. Die harmonischen Ströme gehen in Kabeln, Transformatoren und Motorwicklungen als Wärme verloren.

Je mehr Umrichter im Einsatz sind, desto höher sind die Netzrückwirkungen und desto größer ist das Optimierungspotenzial. Die ESO kompensiert die Oberschwingungsströme aktiv und optimiert zugleich den Leistungsfaktor der übrigen induktiven Verbraucher.

Kann die ESO die Wirkleistung (kWh) senken?

Ja. Die Verbraucher verrichten nicht weniger Arbeit - aber der Strom, der für diese Arbeit durch das betriebseigene Netz fließt, wird kleiner, und die Verluste in Leitungen und Transformatoren fallen quadratisch mit dem Strom. Zusätzlich arbeiten Motoren bei symmetrischer, oberschwingungsarmer Versorgung näher an ihrem Auslegungspunkt. Der tatsächliche Effekt hängt von Netzstruktur und Lastprofil ab.

Warum senkt ein besserer Leistungsfaktor die Verluste?

Der Leistungsfaktor beschreibt, welcher Anteil des bezogenen Stroms tatsächlich Arbeit verrichtet. Ein Verbraucher mit einem Leistungsfaktor von 0,7 zieht für dieselbe Arbeit rund 43 Prozent mehr Strom als ein voll kompensierter; die Leitungsverluste verdoppeln sich dabei näherungsweise, weil sie quadratisch mit dem Strom steigen. Die ESO hält den Leistungsfaktor stufenlos bei mindestens 0,99 (ab 50 Prozent Auslastung des Kompensationsstroms). Nebeneffekt: Nach § 16 Abs. 2 NAV setzt die Anschlussnutzung in der Niederspannung ohnehin einen Verschiebungsfaktor zwischen 0,9 kapazitiv und 0,9 induktiv voraus.

Messung und Nachweis

Wie lässt sich der Erfolg belastbar messen?

Den belastbaren Nachweis liefert das Display; Rechnungs- und Lastgangvergleich sind die Maßnahmen, mit denen sich das Ergebnis über die Zeit dokumentieren lässt:

VERFAHREN	AUSSAGEKRAFT
Vergleich Netz- und Lastseite am Display	Unmittelbar ablesbar und gut zur Beurteilung im laufenden Betrieb; eine Anzeige und keine archivierbare Abrechnungsmessung
Rechnungsvergleich vor und nach Inbetriebnahme	Maßgeblich für die Einsparungsgarantie nach Ziffer 13 der AGB: zwölf Monate davor gegen zwölf Monate danach, bereinigt um Preisänderungen sowie nachweisliche Änderungen von Produktionsverhalten und Maschinenpark
Auswertung der Lastgangdaten (kW-Viertelstundenwerte)	Belastbar für den Vergleich des Wirkarbeitsbezugs über vergleichbare Zeiträume und unabhängig von Preisbestandteilen; setzt Viertelstundenwerte des Netzbetreibers oder eines Energiemanagementsystems voraus

Was zeigt die Momentanzeige am Gerät? Wie wird die Einsparung in kWh bestimmt?

Das Display stellt Netz- und Lastseite nebeneinander dar: Die Lastseite zeigt, was der Betrieb verursacht, die Netzseite, was davon nach der Kompensation aus dem Netz bezogen wird.

Die tatsächliche Einsparung an Wirkarbeit (kWh) wird deshalb nicht am Display abgelesen, sondern über die oben beschriebenen Verfahren ermittelt - insbesondere über den Rechnungsvergleich vor und nach Inbetriebnahme sowie den Lastgangvergleich vergleichbarer Zeiträume. Bei der Abnahme werden die Displaywerte von Last- und Netzseite im Abnahmeprotokoll festgehalten.

Wirtschaftlichkeit, Garantie und Förderung

Wie viel kann ich sparen?

In der Praxis unserer Referenzbetriebe liegt die Gesamteinsparung bei bis zu 15 Prozent der Stromkosten - als Summe aller Wirkmechanismen und abhängig vom induktiven Lastanteil, vom Lastprofil und von der Netzqualität. Beispiele aus veröffentlichten Fallstudien: rund 12 Prozent in der Metallverarbeitung, 13 Prozent in einer Metzgerei, 16,5 Prozent je Fahrzeugwäsche in einer Waschstraße, bis 21,6 Prozent an einzelnen Tankstellenstandorten (Ausnahmefall aufgrund veralteter Betriebsausstattung und großem Störfaktoranteil). Die Referenzwerte stammen aus Monatsvergleichen auf Abrechnungsbasis aus dem Jahr 2016, sind nicht witterungsbereinigt, wurden teils an der Vorgängerbauart erhoben und nicht von einer unabhängigen Stelle ausgewertet. Die Kennwerte gelten ab einer Auslastung von 50 Prozent des Kompensationsstroms; eine seriöse Prognose setzt immer die Analyse der konkreten Lastsituation voraus.

Wie schnell amortisiert sich die Anlage?

In der Regel innerhalb von 2 bis 3 Jahren, abhängig von Strompreis, Betriebsstunden und Lastprofil - bei einer Nutzungsdauer von 15 Jahren. Eine unverbindliche Ersteinschätzung liefert der Sparpotenzial-Rechner auf www.eso-anlage.de/rechner; verbindlich wird die Berechnung mit dem Angebot samt Einsparberechnung und Wirtschaftlichkeitsanalyse.

Was kostet die Anlage?

Der Preis richtet sich nach der Auslegung, die sich aus Ihrem Jahresverbrauch und Lastprofil ergibt; die Preisliste beginnt bei 8.500 Euro netto je Anlage. Der Einbau ist nicht enthalten - er wird von Ihrer Elektrofachkraft gesondert abgerechnet, als Richtwert gelten 800 bis 1.000 Euro netto je Anlage. Ein verbindlicher Preis steht im Angebot, zusammen mit Einsparberechnung und Wirtschaftlichkeitsanalyse.

Wie lange dauert die Lieferung, und steht meine Produktion still?

Lagerware wird kurzfristig geliefert, Bestellware nach Vereinbarung; den verbindlichen Zeitraum nennt das Angebot. Der Einbau dauert wenige Stunden und erfordert lediglich eine kurze Freischaltung des betroffenen Abgangs - ein Produktionsstillstand ist nicht erforderlich. Die Wirkung setzt mit der Inbetriebnahme ein.

Gibt es eine Einspargarantie?

Ja. ESO gewährt eine Mindest-Einspargarantie von 5 Prozent auf die jeweils im Angebot angesetzten induktiven Lasten. Wird sie unterschritten, erstattet ESO den Kaufpreis Zug um Zug gegen Rückgabe der Anlage; die Kosten des Rückversands trägt ESO, Aufwendungen für Ein- und Ausbau sind nicht umfasst. Vier Voraussetzungen: Abnahmeprotokoll und Videodokumentation liegen vor, die Anlage wurde seit Inbetriebnahme durchgehend bestimmungsgemäß betrieben, am Anschlusspunkt wurde bei Vertragsschluss keine weitere Anlage zur Leistungsfaktorkorrektur und keine Spannungsreduzierungsanlage betrieben, und Sie stellen die zur Auswertung erforderlichen Unterlagen innerhalb von 30 Kalendertagen nach Aufforderung bereit. Verglichen werden zwölf Monate vor und zwölf Monate nach Inbetriebnahme, bereinigt um Preisänderungen sowie nachweisliche Änderungen von Produktionsverhalten und Maschinenpark. Der Anspruch ist innerhalb von drei Monaten nach Ablauf des Vergleichszeitraums geltend zu machen.

Die vollständigen Garantiebedingungen sind in der AGB einsehbar (www.eso-anlage.de)

Gibt es Finanzierung oder Leasing?

Ja, über unseren Finanzierungspartner (Grenke AG) mit Laufzeiten von 36, 48 oder 60 Monaten; längere Laufzeiten auf Anfrage. Die monatliche Rate liegt in der Praxis häufig unterhalb der erzielten Einsparung. Eine BAFA-Förderung wird separat ausbezahlt; Details enthält das jeweilige Kundenangebot.

Ist die Anlage förderfähig?

Ja, über zwei Zuschusswege, von denen je Vorgang einer gewählt wird: nach der Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) mit derzeit 15 Prozent der Investition, oder über Modul 3 der Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW) mit 25 bis 45 Prozent der Investitionsgesamtkosten, sofern die Anlage in eine beim BAFA gelistete Energiemanagement-Software eingebunden wird. Der Industriestrompreis ist keine Anlagenförderung, sondern eine Entlastung auf den Strompreis; er kommt zum Zuschuss nach BEG EM hinzu, nicht zu EEW Modul 3. Eine Dekarbonisierungsmaßnahme darf keine staatliche Beihilfe erhalten haben - die EEW-Förderung ist eine solche, eine über die EEW geförderte Anlage zählt deshalb nicht als Dekarbonisierungsmaßnahme. Die BEG EM ist beihilfefrei: Ihr Zuschuss darf auf die volle

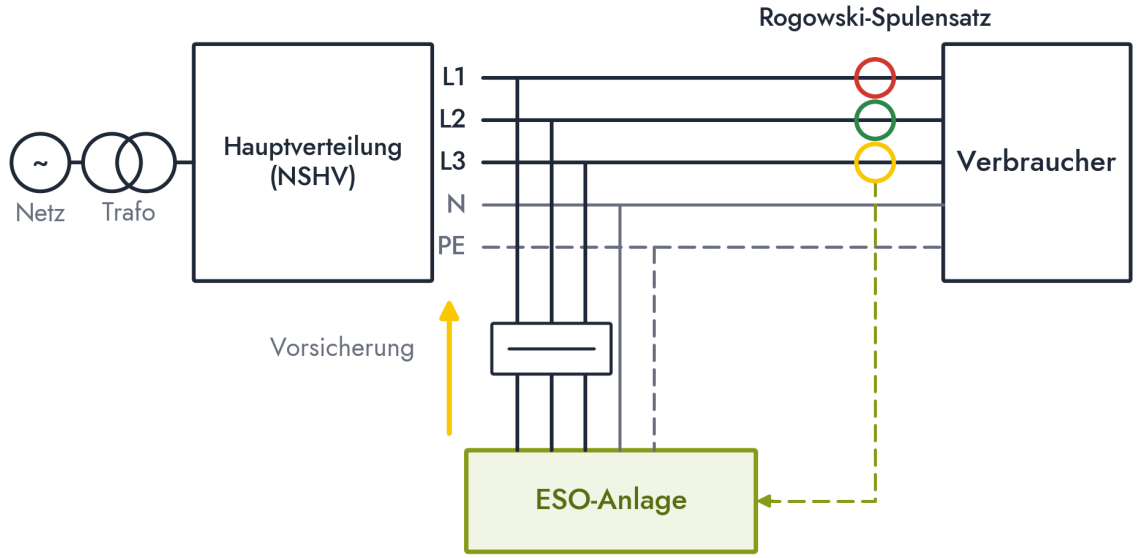
ESO-Rechnung genommen werden und wird für den Industriestrompreis nur von der anrechenbaren Investitionssumme abgezogen (Merkblatt zu Dekarbonisierungsmaßnahmen, BAFA, 04.08.2026, Kapitel 1 und 3.4).

Installation und Betrieb

Wie wird die ESO installiert und was kostet die Montage?

Die ESO ist ein Wandgerät; je nach Auslegung misst es zwischen 60 × 60 × 22 cm und rund 80 × 70 × 35 cm und wiegt 38 bis 70 kg. Sie wird parallel zur Verteilung angeschlossen - fünfadrig über L1, L2, L3, N und PE, abgesichert über eine eigene Vorsicherung - und der Rogowski-Spulensatz wird lastseitig um die Außenleiter gelegt. Ein Eingriff in Maschinen oder die bestehende Installation ist nicht erforderlich.

Die Installation übernimmt eine örtliche Elektrofachkraft - wahlweise ein Partnerbetrieb oder der eigene Hauselektriker. Die Montagekosten werden separat berechnet; als Richtwert gelten etwa 800 bis 1.000 Euro netto je Anlage, abhängig von Stückzahl, Material und Anfahrt. Die Abnahme erfolgt über das Abnahmeprotokoll mit Videodokumentation.



Einbindung einer Einzelanlage: Anschluss parallel an die Hauptverteilung über L1, L2, L3, N und PE, abgesichert über die Vorsicherung. Der Rogowski-Spulensatz sitzt lastseitig, sodass er den gesamten Laststrom erfasst, nicht aber den Kompensationsstrom der Anlage (Pfeil); oliv gestrichelt dargestellt ist das Messsignal der Spulen, das über den Integrator zur Anlage läuft.

Kann die Anlage erweitert werden?

Ja, die ESO ist modular und beliebig erweiterbar - durch weitere Einheiten, auch dezentral nahe der großen Verbraucher. Stehen die Einheiten an verschiedenen Abnahmestellen, erhält jede ihren eigenen Rogowski-Spulensatz und regelt eigenständig; eine Verbindung der Einheiten

untereinander ist dafür nicht erforderlich. Bis zu vier Einheiten am selben Messpunkt arbeiten dagegen als Verbund mit gemeinsamer Strommessung; dafür liefern wir je Verbund zwei Rogowski-Spulensätze. Werden an einer Abnahmestelle mehr als vier Einheiten gebraucht, kommt ein zweiter Verbund am selben Messpunkt hinzu - bis zu acht Einheiten; darüber erhalten die Einheiten getrennte Messbereiche mit je einem eigenen Satz. Ohne Verbundbetrieb dürfen zwei Einheiten nie denselben Laststrom erfassen - sie würden beide die volle Last kompensieren. Wächst der Betrieb, wird einfach ergänzt.

Wie aufwändig sind Betrieb und Wartung?

Die Anlage arbeitet vollautomatisch: Nachdem die Elektrofachkraft bei der Inbetriebnahme den Automatikstart eingestellt hat, startet sie selbsttätig, passt sich dynamisch der Last an und läuft nach einem Netzausfall von selbst wieder an (im Tasterstart nicht). Im Betrieb sind Eingaben am Display nicht erforderlich. Der Wartungsaufwand beschränkt sich auf regelmäßige Sichtkontrolle und die Reinigung der Lüftungsöffnungen. Ausgelegt ist die Anlage auf 15 Jahre.

Lässt sich die Anlage in ein Energiemanagementsystem einbinden?

Ja. Ihre Elektrofachkraft legt eine zweiadrige, geschirmte Datenleitung vom Energiemanagementsystem zur Anschlussseite der Anlage und klemmt sie auf Kanal 1 des Leistungsteils, Klemmen 485A1 und 485B1; am Energiemanagementsystem werden Modbus RTU, 9600 Baud, 8 Datenbits ohne Parität mit 1 Stoppbit und Funktionscode 03 eingestellt, und steht das System weiter entfernt oder arbeitet es über das Netzwerk, setzt die Elektrofachkraft ein Gateway dazwischen. Der Kanal nutzt dieselbe Modbus-Registerliste wie Kanal 2. Betriebs- und Störmeldung liegen zusätzlich an zwei Relaisausgängen, und über zwei Digitaleingänge kann das System die Anlage zu- und abschalten - dafür muss die Startart auf Tasterstart stehen. Für die Planung wichtig: Die Anlage ist ein Regelgerät mit Messfunktion und kein Zähler. Sie liefert Leistungsfaktor, Verzerrungs- und Unsymmetriegrad je Außenleiter getrennt für Netz- und Lastseite, aber keine Zählerstände in Kilowattstunden - für Energiekennzahlen gehört deshalb ein Energiezähler in den betrachteten Abgang. Genau diese Einbindung in eine beim BAFA gelistete Energiemanagement-Software ist zugleich die Voraussetzung für die Förderung über EEW Modul 3.

Was muss ich bauseits stellen?

Den Aufstellort mit ausreichender Belüftung (Lufteintritt mindestens 100 mm, Luftaustritt mindestens 200 mm frei), die Zuleitung, die Vorsicherung und - weil die Anlage einen Umrichter mit Gleichspannungszwischenkreis enthält - gegebenenfalls eine allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (Typ B; ein Typ B+ erfüllt die Anforderung ebenfalls). Die beiden mitgelieferten Netzteile des Integrators werden bauseits mit 230 V AC versorgt und liefern dem Integrator ±12 V DC. Querschnitte und Sicherungswerte richten sich nach der Auslegung. Die

Anlage ist für Netze mit einem Spannungsverzerrungsgrad unter 10 Prozent am Anschlusspunkt ausgelegt; bei höheren Werten kann der einwandfreie Betrieb beeinträchtigt sein, die Aufstellsituation ist dann vor der Installation mit ESO abzustimmen. Der Wert wird von ESO nicht erhoben, sondern vorausgesetzt.

Wir haben eine PV-Anlage. Passt das zusammen?

Ja, und es ergänzt sich. Speist die PV-Anlage ein, sinkt der Wirkstrombezug aus dem Netz, der nicht wirksame Stromanteil der Verbraucher bleibt aber unverändert - der Leistungsfaktor am Zähler wird dadurch schlechter, nicht besser. Die ESO-Anlage korrigiert diesen Anteil unabhängig davon, woher die Wirkleistung kommt. Für die Auslegung gilt: Sie richtet sich nach dem Bedarf der Verbraucher, nicht nach dem Netzbezug, und der Rogowski-Spulensatz sitzt lastseitig, nicht hinter dem PV-Einspeisepunkt. Die Kompensation über den PV-Wechselrichter ist keine gleichwertige Alternative: Sie belegt dessen Leistung und verkürzt seine Lebensdauer erheblich.

Wo passt die Anlage nicht?

Wo keine Störanteile vorliegen, gibt es keinen Wirkungsansatz: Bei überwiegend ohmscher, symmetrischer und linearer Last - etwa reinen Heiz- oder Trocknungsprozessen - ist die Anlage wirkungslos. Im selben Verteilnetz dürfen keine verdrosselten Kompensationsanlagen betrieben werden; eine unverdrosselte Bestandsanlage darf parallel weiterlaufen, schließt dann aber die Einspargarantie aus. Für den Betrieb am Ersatzstromaggregat, im Inselnetz oder an einer nicht netzparallelen Versorgung ist die Anlage nicht bestimmt. Netzparallele Photovoltaik- oder Blockheizkraftwerksanlagen am Standort stehen dem Betrieb nicht entgegen. Und sie ist kein Überspannungsschutz, keine unterbrechungsfreie Stromversorgung und kein Spannungsreduziergerät: Die Spannung wird nicht gesenkt.

Die wichtigsten allgemeingültigen Kennwerte im Überblick

KENNWERT	WERT
Netzanschluss	400 V ± 20 %, 50 Hz, dreiphasig mit N und PE; Bemessungsstrom 44 A, 73 A, 109 A, 145 A oder 217 A je Außenleiter je nach Auslegung
Topologie	Dreipunkt-Wechselrichter mit Spannungszwischenkreis, IGBT
Schalt- und Regelfrequenz	bis 25,6 kHz
Anfangsreaktionszeit	≤ 50 µs; vollständige Ausregelung ≤ 5 ms
Leistungsfaktor nach Optimierung	mindestens 0,99 (ab 50 % Auslastung des Kompensationsstroms)

© ESO Elektronische Stromoptimierung Inh. Michael Grün

KENNWERT	WERT
Stromverzerrung (THDi) nach Kompensation	≤ 5 % (ab 50 % Auslastung des Kompensationsstroms)
Vorsicherung	je Auslegung, Betriebsklasse gR oder aR
Bauform	Wandgerät, IP30; je Auslegung zwischen 60 × 60 × 22 cm und rund 80 × 70 × 35 cm, 38 bis 70 kg
Umgebungstemperatur	–20 °C bis +50 °C, Dauervollast bis +30 °C; die Obergrenze wird vom Rogowski-Spulensatz bestimmt (–25 °C bis +50 °C), das Leistungsteil allein ginge bis +60 °C
Geräuschentwicklung	< 60 dB, bei reduzierter Lüfterdrehzahl < 45 dB
Anzeige und Schnittstellen	Touch-Display; RS485 Modbus RTU; Melderelais
Erweiterbarkeit	erweiterbar um weitere Einheiten, im Verbund am selben Messpunkt oder in getrennten Messbereichen
Einsatzgrenzen	Die Anlage arbeitet netzparallel im Niederspannungsnetz. Für den Betrieb am Ersatzstromaggregat, im Inselnetz oder an einer nicht netzparallelen Versorgung ist sie nicht bestimmt. Netzparallele Photovoltaik- oder Blockheizkraftwerksanlagen am Standort stehen dem Betrieb nicht entgegen.

© ESO Elektronische Stromoptimierung Inh. Michael Grün

Prüfung, Konformität und Unterlagen

Wie wird die Anlage geprüft? Im Werk, bei der Installation und im Betrieb?

Jede Anlage durchläuft vor der Auslieferung eine Stückprüfung nach der Sicherheitsnorm DIN EN IEC 62477-1 - unter anderem Sichtprüfung, Schutzleiterprüfung, Isolationsmessung mit 500 V DC, Spannungsfestigkeitsprüfung mit 1.600 V DC und Funktionskontrolle. Bei der Errichtung prüft die Elektrofachkraft die Installation nach DIN VDE 0100-600 (Erstprüfung); das Prüfprotokoll gehört zur Abnahme. Die Abnahme wird über das Abnahmeprotokoll mit Videodokumentation dokumentiert.

Im Betrieb ist die ESO ein ortsfestes Betriebsmittel und Teil Ihrer elektrischen Anlage. Die wiederkehrende Prüfung erfolgt daher im Rahmen der Anlagenprüfung nach DIN VDE 0105-100 in Verbindung mit der DGUV Vorschrift 3; das Intervall ergibt sich aus der Gefährdungsbeurteilung und beträgt üblicherweise höchstens vier Jahre. Wichtig für den Prüfer: Isolations- und Spannungsprüfungen dürfen nur bei allpolig freigeschalteter und abgeklemmter Anlage erfolgen - nach dem Freischalten ist die Entladezeit des Zwischenkreises von mindestens 5 Minuten abzuwarten. Nach einer Reparatur prüft der ESO-Service nach DIN EN 50678 (VDE 0701).

Welche Konformität erfüllt die Anlage?

Die Anlage trägt die CE-Kennzeichnung nach der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU, der EMV-Richtlinie 2014/30/EU und der RoHS-Richtlinie 2011/65/EU einschließlich (EU) 2015/863. Zugrunde liegen die Sicherheitsnorm DIN EN IEC 62477-1 und die EMV-Normen DIN EN IEC 61000-6-2 und -6-4; für den Netzanschluss gilt die VDE-AR-N 4100. Die EU-Konformitätserklärung liegt jeder Anlage bei.

Noch Fragen?

Wir beantworten sie gerne persönlich:
Tel.: +49 (0) 7251 3929172 · WhatsApp: +49 (0) 155 61023479 · info@eso-anlage.de