

Anwendungshinweis

Richtlinien zur Installation von „wireless“ Technologie im Gebäude

Stand 01.02.22



Einleitung

Bei der Auslegung von Funknetzwerken sind grundlegende Vorgaben zu beachten. Die in dieser Richtlinie enthaltenen Vorgaben sollen Planern bei der Auslegung von Funkstrecken helfen und zum anderen Systemintegratoren/Installateuren oder Servicetechnikern bei der Inbetriebnahme oder im Fehlerfall als Hilfsmittel dienen.



Diese Informationen veranschaulichen typische Effekte ohne dabei wissenschaftlich exakt zu sein. Die verwendeten Bilder und Metaphern dienen dazu den Effekt zu verdeutlichen und nicht die zugrunde liegende Physik zu erklären.

Grundlegende Dinge zu Funksignalen im Gebäude

Funksignale sind elektromagnetische Wellen, die auf dem Weg vom Sender zum Empfänger gedämpft werden. Antennen bilden die Umwandler von elektrischer Energie in Funkenergie und zurück.

Veinfacht dargestellt werden Elektronen auf Senderseite in eine Antenne geschoben und müssen aus der Antenne in die Luft übergehen um eine Funkwelle zu bilden. Dies geschieht ein weiteres Mal umgekehrt auf der Empfängerseite.

Der Übergang von Elektronen aus einer metallischen Antenne in die Luft ist für ein Elektron nicht einfach. Wenn die äußeren Bedingungen nicht stimmen sind keine 100% Leistung zu erwarten.

Ist eine Ablenkung vorhanden, wird ein Teil der Elektronen der Ablenkung folgen und nicht in die Luft übergehen - das Signal wird schwächer die Reichweite geringer ausfallen.

Leitfähige, insbesondere metallische Teile in der Nähe der Antenne sind so eine Ablenkung.

Wie jeder Stromkreis geschlossen sein muss, damit Energie fließt, muss auch der Funkenergiekreis geschlossen sein. Die Funkenergie fließt durch die Luft in die Empfangsantenne und den Empfänger über die Erde zurück zum Sender. Dieser Rückweg über Erde ist der Grund warum Signalanteile über die erwähnten "Ablenkungen" zurückfließen und nicht wie eigentlich gewünscht über den Empfänger.

Sowohl die elektrische als auch die magnetische Feldstärke nimmt umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes von Sender und Empfänger ab ($E, H \sim 1/r^2$).

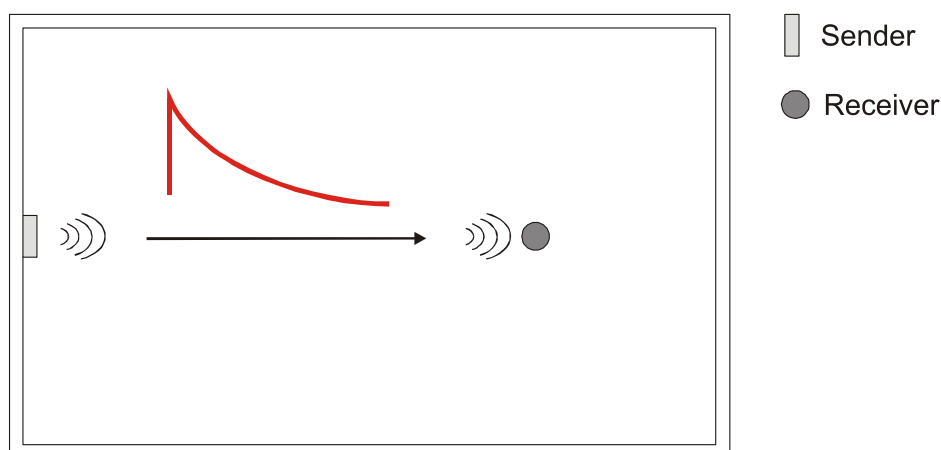


Bild: Verlauf Feldstärke

Reflexion und Transmission

Neben dieser natürlichen Reichweiteinschränkung kommen noch weitere Störfaktoren hinzu: Metallische Teile, z.B. Armierungen in Wänden, Metallfolien von Wärmedämmungen oder metallbedampftes Wärmeschutzglas, reflektieren elektromagnetische Wellen. Daher bildet sich dahinter ein sogenannter Funkschatten.

Zwar können Funkwellen Wände durchdringen, doch steigt dabei die Dämpfung noch mehr als bei Ausbreitung im Freifeld.

In erster Näherung steigt die Dämpfung mit der Dicke der Wand und ihrer Leitfähigkeit.

Feuchtigkeit im Material, Metallische Strukturen oder Folien bspw. Dämmstoff mit Alukaschierung bieten den Funkwellen einen alternativen Weg ("Ablenkung")

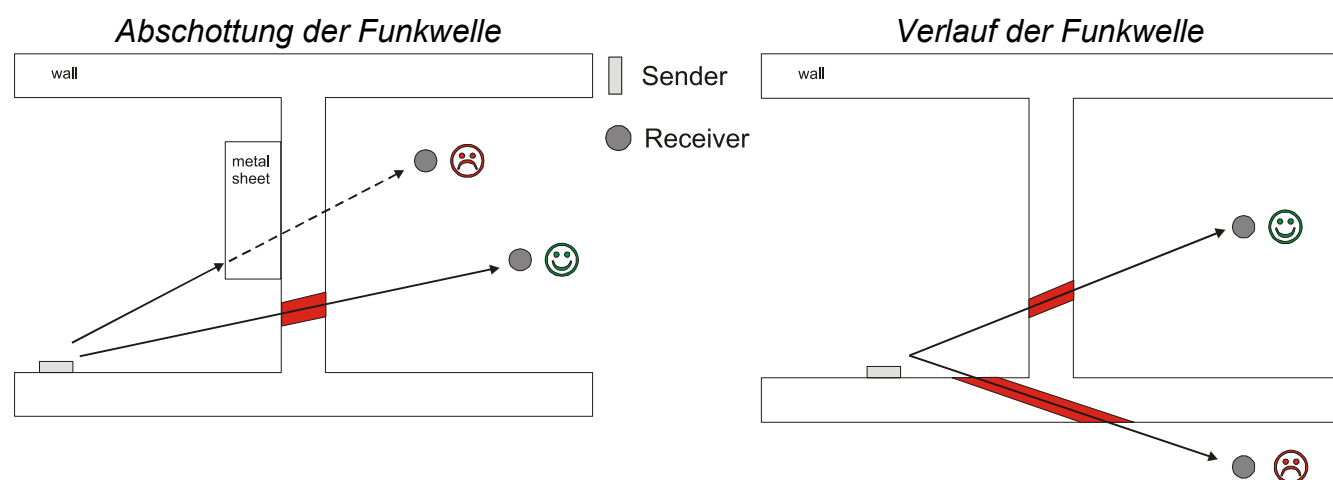
Hier einige Beispiele unterschiedlicher Wandarten:

Material	Durchdringung
Holz, Gips, Glas (<i>unbeschichtet</i>), ohne Metall	90...100%
Backstein, Pressspanplatten	65...95%
Beton (mit Armierung aus Eisen)	10...90%
Metall, Aluminiumkaschierung	0...10%

Für die Praxis bedeutet dies, dass die verwendeten Baustoffe im Gebäude eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der Funkreichweite spielen. Einige Richtwerte, damit man das Umfeld in etwa bewerten kann:

Sichtverbindungen:	Typ. 30m Reichweite in Gängen, bis zu 100m in Hallen
Rigipswände/Holz:	Typ. 25m Reichweite durch max. 4 Wände
Ziegelwände/Gasbeton:	Typ. 15m Reichweite durch max. 2 Wände
Stahlbetonwände/-decken:	Typ. 10m Reichweite durch max. 1 Wand/Decke

i **Versorgungsblöcke und Aufzugsschächte sind i.d.R. stark mit Eisen armiert und sollten als Abschottung gesehen werden.**



Zudem spielt der Winkel eine Rolle, mit dem das gesendete Signal auf die Wand trifft. Je nach Winkel verändert sich die effektive Wandstärke und somit die Dämpfung des Signals. Nach Möglichkeit sollten die Signale senkrecht durch das Mauerwerk laufen. Mauernischen sind zu vermeiden.

Montage der externen Empfangsantenne

Der ideale Montageort der externen Empfangsantenne ist an einer zentralen Stelle im Raum.

Typische Baumaterialien wie Beton oder Stein, enthalten immer eine geringe Restfeuchte. Ständerwände haben häufig metallische Tragkonstruktionen im Inneren.

Feuchtigkeit ebenso wie metallische Strukturen bieten dem Funksignal eine Alternative zur gewünschten Ausbreitung in Luft. Wenn ein gewisser Prozentsatz der Funkenergie statt in die Luft in die Wand abgegeben wird, weil sich die Antenne zu nah an der Wand oder Decke befindet, wird das Funksignal in der Luft entsprechend schwächer und die Reichweite geringer.

Nach Möglichkeit sollte dabei die Antenne einen Abstand von min. 0,1m (min. $\lambda/4$, Bsp. Bei 868MHz $\approx 9\text{cm}$) zur Wand und 0,5m von der Decke aufweisen. Aufgrund der Polarisation der Antenne, sollte die Antenne nach unten oder oben ausgerichtet sein.

Eine stabförmige Antenne hat in Längsrichtung die geringste Empfindlichkeit.

Daher soll die Antenne so positioniert werden, dass die Länge der Antenne quer zu den zu empfangenden Sensoren zeigt.

Um einen ausreichenden Gegenpol bei einer halbseitigen Dipolantenne zu schaffen, sollte die Antenne auf eine min. 180x180mm (bei 868MHz) große ferromagnetische Metallplatte montiert werden.

Bei der Verlegung des Antennenkabels ist darauf zu achten, dass das Kabel nicht geknickt wird (Veränderung des Wellenwiderstands -> Reflexionen auf der Leitung).

ein Knick in der Antenne ist wie eine enge Kurve auf der Strasse. Am Knick müssen alle abbremesen, es kommt weniger Funkenergie um die Kurve - das abgestrahlte Signal wird schwächer und die Reichweite ist schlechter als bei gerader Antenne.

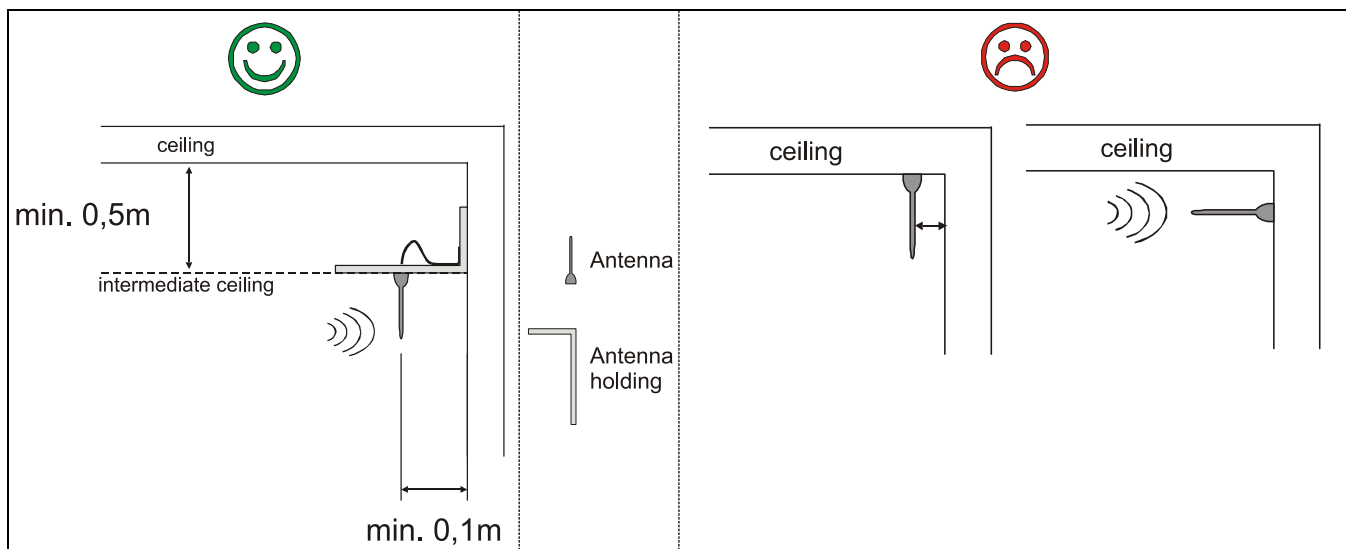


Bild: Antenne im Deckenbereich

Geräte mit interner Empfangsantenne

Bei Geräten mit interner Empfangsantenne sollte der Montageort nicht auf der gleichen Wandseite wie der des Senders liegen. Ein Funksignal, das sich längs einer Wand ausbreiten muss hat längs der Wand viele Möglichkeiten über Restfeuchte der Wand nach Erde abzufließen.



Funkwellen unterliegen im Wandbereich eher einer störenden Streuung oder Reflexion. Besser ist die gegenüberliegende oder anschließende Wandfläche.

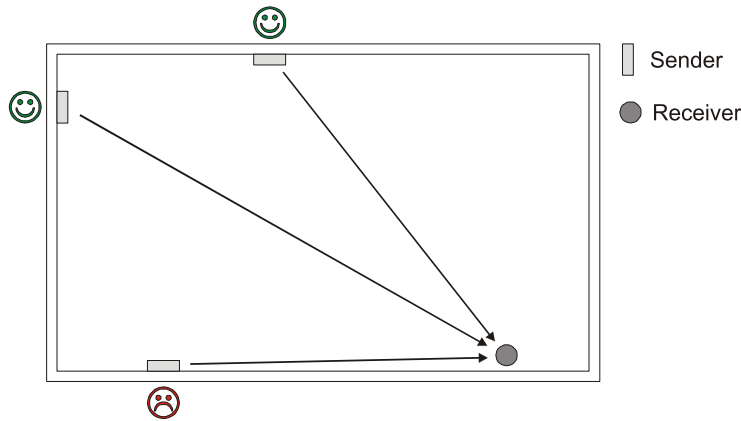


Bild: Funkwelle auf der Wandfläche

Abstand der Empfänger/Antennen zu anderen Störquellen

Der Abstand zu anderen Sendern (z.B. GSM / DECT / Wireless LAN) sollte min. 0,5m betragen. LTE, GSM, DECT verwenden zwar andere Frequenzen, die im Empfänger herausgefiltert werden. Antenne und Eingangsstufe werden trotzdem mit der Funkenergie beaufschlagt und können beeinflusst werden, wenn zu viel Funkenergie eingestrahlt wird. Da die Energie mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, hilft Abstand.

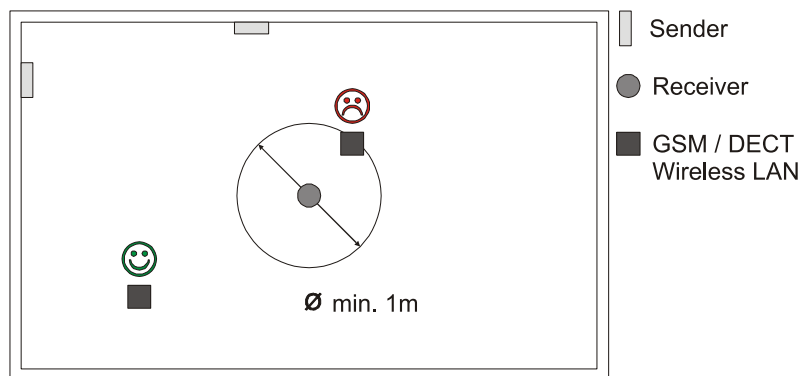


Bild: Abstand zu Störquellen

Einsatz von Repeatern (Verstärkern)

Bei Problemen mit der Empfangsqualität kann der Einsatz von Repeatern sehr hilfreich sein. Im Folgenden werden zwei Einsatzmöglichkeiten dargestellt.

Tipp: Im Vorfeld der Planung sollten eine Nachrüstung mit Repeater ggf. berücksichtigt werden.

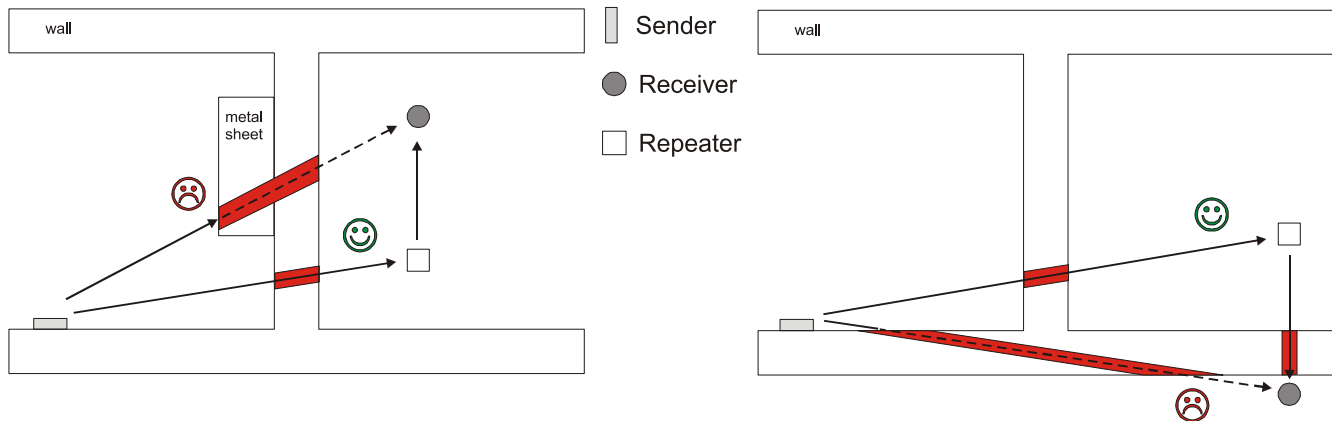


Bild: Einsatz eines Repeaters

Repeater sind nicht nur positiv zu sehen - sie vergrößern auch die Anzahl der Funktelegramme in der Luft, da sie sie zeitversetzt erneut aussenden. Mit jedem Repeater steigt daher die Wahrscheinlichkeit für Telegramm-Kollisionen in der Luft. Eine Kollision liegt vor, wenn 2 Geräte zeitgleich senden. Am Empfänger kommt ein Mix an, den der Empfänger nicht versteht.

Insbesondere in realen Gebäuden mit Repeatern auf mehreren Etagen kann es schnell zu Situationen kommen, bei denen zu viele Wiederholungen den Funkverkehr unmöglich machen.

Es ist daher sinnvoll einen Repeater so zu konfigurieren, dass er nur bestimmte Telegramme wiederholt und nicht stupide alles, was er hört. Thermokon Repeater können über die airConfig Software entsprechend parametrisiert werden.

Das EnOcean Protokoll bietet 2 unterschiedliche Typen von Repeatern an: Level-1 und Level-2 Repeater.

Level-1 Repeater wiederholen nur Original-Telegramme und ignorieren alle Telegramme, die bereits einmal wiederholt wurden.

Level-2 Repeater wiederholen sowohl Original-Telegramme als auch solche, die bereits von einem L1-Repeater wiederholt worden sind. Empfängt der L2-Repeater sowohl ein Originaltelegramm als auch eine Wiederholung wird nur das (zuerst eintreffende) Originaltelegramm wiederholt.

Feldstärke Messung mit airScan Software

Mit Airscan steht ein mobiles Feldstärke-Messgerät zur Verfügung, welches dem Installateur zur einfachen Bestimmung der optimalen Montageorte für Sensor und Empfänger dient. Weiterhin kann es zur Überprüfung von gestörten Verbindungen bereits installierter Geräte benutzt werden. Am Gerät werden die Feldstärke empfangener Funktelegramme und störende Funksignale im Bereich 868MHz angezeigt.

Richtige Platzierung der Funkfühler mit Solarzelle

Genauso wie man bei den Funksensoren aufgrund der Ausbreitung der Funkwellen bestimmte Rahmenbedingungen einhalten muss, sind bei der Auswahl des Montageortes in Bezug auf korrekte und ausreichende Umgebungshelligkeit bestimmte Vorgaben einzuhalten.

Durch die Verwendung der energieoptimierten EnOcean Funktechnik in den „EasySens“ Funksensoren, die sich mittels einer Solarzelle selbst mit elektrischer Energie versorgen, können die Geräte i.d.R. ohne Batterien arbeiten. Ohne Batterien sind die Geräte quasi wartungsfrei und umweltschonend.

Gegebenenfalls muss nach längerer Lagerung der Funksensoren in Dunkelheit, z.B. während der Inbetriebnahme, der solarbetriebene Energiespeicher nachgeladen werden. In der Regel geschieht dies automatisch während der ersten Betriebsstunden im Tageslicht. Sollte die Anfangsladung in den ersten Betriebsstunden nicht ausreichend sein, erreicht der Fühler jedoch spätestens nach 3 bis 4 Tagen seine volle Betriebsbereitschaft. Spätestens nach dieser Zeit sendet der Fühler auch problemlos im Dunkelbetrieb (nachts).

Bei der Auswahl des Montageortes sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Die Mindestbeleuchtungsstärke von 200lx sollte für mindestens 3-4 Stunden täglich am Montageort und entsprechend auf der Solarzellenfläche vorhanden sein - unabhängig davon, ob es sich um Kunst- oder Tageslicht handelt.
(Geforderte Mindestbeleuchtungsstärke für Arbeitsflächen von Büroarbeitsplätzen lt. Arbeitsstättenverordnung: 500lx.)
- Die Solarzellen sind für den Einsatz in Innenräumen optimiert, direkte (ungeschützte) und dauerhafte Sonneneinstrahlung vermeiden.
- Nicht ausreichend ausgeleuchtete Raumnischen meiden.
- Der Fühler ist mit der Solarzellenseite bevorzugt in Fensterrichtung zu montieren, bei Temperatursensoren kann direkte Sonnenbestrahlung zu verfälschten Messwerten führen.
- Der Montageort sollte auch im Hinblick auf die spätere Nutzung des Raumes so gewählt werden, dass eine Abschattung durch die Benutzer, z.B. durch Ablageflächen oder Rollcontainer, vermieden wird.

Unterschied zwischen Tageslicht und Kunstlicht

Die zur Stromerzeugung genutzten Solarzellen liefern je nach Lichtquelle unterschiedliche Werte. Die beste Lichtquelle für Solarzellen ist aufgrund der breitbandigen Zusammensetzung Tageslicht. Kunstlicht (Leuchtstofflampen, Kaltlicht) dagegen verringern aufgrund der schmalbandigen Zusammensetzung die Leistung der Solarzelle. Abhängig von der Lichtquelle bedeutet dies, dass bei gleicher Beleuchtungsstärke (lux) mehr oder weniger Energie zur Verfügung steht. Tageslicht liefert bei gleicher Beleuchtungsstärke eine 25-100% höhere Energieausbeute als vergleichbares Licht von Leuchtstofflampen oder LED Leuchtmittel.

Über den Tag und die Jahreszeiten betrachtet setzt sich in der Regel die Umgebungshelligkeit im Raum aus unterschiedlichen Anteilen von Tageslicht und Kunstlicht zusammen. Während der Wintermonate ist der Tageslicht-Anteil in der Regel am geringsten. Deshalb sollte bei der Auswahl des Montageortes die Beleuchtungsstärke in diesem Zeitraum (November-Januar) berücksichtigt werden.

Richtwerte von Beleuchtungsstärken

Zur Information sind in der folgenden Tabelle einige Richtwerte von Beleuchtungsstärken wiedergegeben. Diese Werte können im Rahmen einer Planung durch die Verwendung eines handelsüblichen Luxmeters vom Anwender einfach verifiziert werden

(mögliche Bezugsquelle: z.B. Conrad Elektronik, Luxmeter MS-1300, EAN: 4016138523256).

Gebäudetyp	Raumart	Typ. Beleuchtungsstärke
Wohnhaus	Wohnzimmer	100 – 500 lx
Schulen	Tafel	500 – 1000 lx
Bürogebäude	PC Arbeitsplatz	500 lx
Fabrikgebäude	Produktionshalle	500 – 1000 lx
Krankenhaus	Besucherräume	300 – 500 lx
Hotels	Empfang	300 – 700 lx
Messehallen	Messestände	300 – 500 lx

Tabelle: Typische zu erwartende Beleuchtungsstärken

Wichtiger Hinweis bei der Bestimmung der Beleuchtungsstärke:

Es ist darauf zu achten, dass es teils erhebliche Abweichungen zwischen der Raummitte und den Wandbereichen gibt (siehe folgendes Bild). Je nach Ausleuchtung, verwendetem Baumaterial, Farbe der Einrichtungsgegenstände etc. können innerhalb der Räume erhebliche Abweichungen auftreten. Deshalb können die Absolutwerte im Praxisfall stark abweichen. Wichtig ist, dass bei einer Vergleichsmessung mit einem Luxmeter auch am Montageort des Sensors gemessen wird.

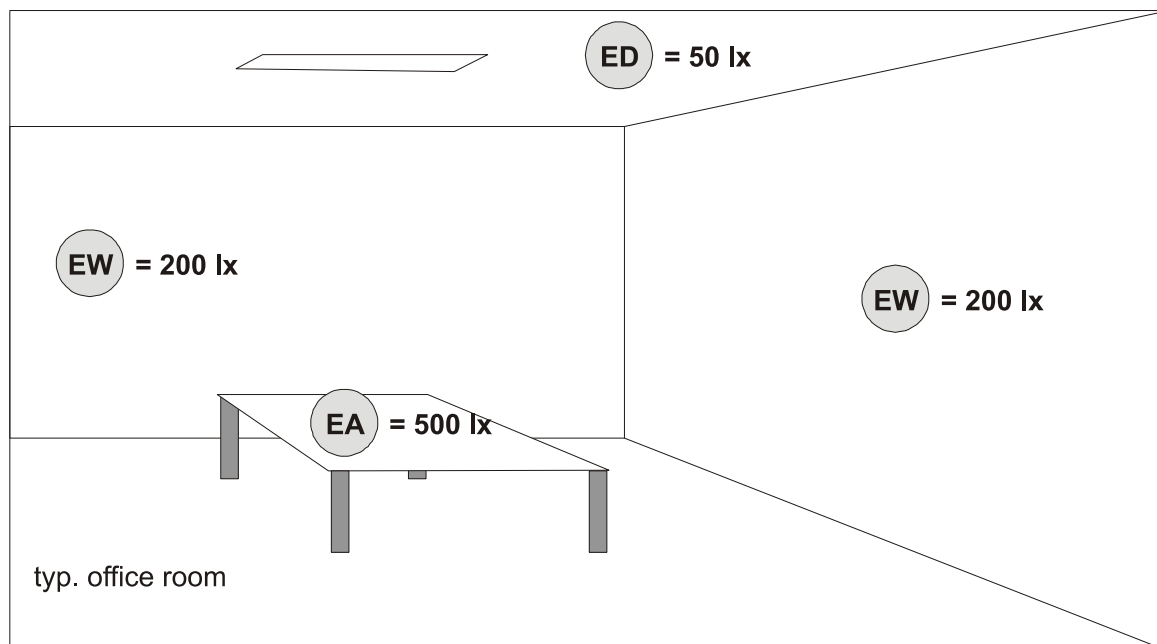


Bild: Beispiel eines Büroarbeitsplatzes mit Ausleuchtung der Arbeitsfläche von 500lx

Troubleshooting

Durch Beachten obiger Hinweise bei der Auswahl der Montageorte von Sender und Empfängern, sollte ein störungsfreier Betrieb der Geräte gewährleistet sein. Sollte es dennoch zu Problemen bei der Funkübertragung kommen, kann folgende Fehlerübersicht als erstes Hilfsmittel dienen:

Fehlerbild	Mögl. Ursache	Maßnahme
Sensor sendet nicht (überprüft mit AirScan)	Energiespeicher leer	<p>Bei Solar Sensor: Am Montageort für tägliche Beleuchtungsstärken >200lx über 3-4 Stunden sorgen.</p> <p>Nach 3-4Tagen hat der Sensor seine volle Betriebsbereitschaft erreicht und sendet auch in Dunkelheit. Gegebenenfalls Solarfühler durch Batteriefühler tauschen</p> <p>Bei Batteriefühler: Batterie einsetzen / prüfen/austauschen</p>
	Energiespeicher ist bei der Inbetriebnahme nicht ausreichend geladen	Energiespeicher des Sensors laden (2 Stunden bei 1000Lux): z.B. Sensor 2 Stunden auf die sonnige Fensterbank stellen.
Sensor hört trotz Beleuchtung nach einiger Zeit auf zu senden / Sensor hört nachts auf zu senden. Morgens sendet er wieder	Energiespeicher wird nicht ausreichend geladen	<p>Bei Solar Sensor: Am Montageort für tägliche Beleuchtungsstärken >200lx über 3-4 Stunden sorgen.</p> <p>Gegebenenfalls Solarfühler durch Batteriefühler tauschen oder optionale Stützbatterie einsetzen</p> <p>Einstellungen / Steckbrücken kontrollieren, höhere Sendeintervalle einstellen</p>
	Energiespeicher war bei der Inbetriebnahme nicht ausreichend geladen	Energiespeicher des Sensors laden (2 Stunden bei 1000Lux): z.B. Sensor 2 Stunden auf die sonnige Fensterbank stellen.

Fehlerbild	Mögl. Ursache	Maßnahme
Sensor wird nicht empfangen. Empfangs-LED am Empfänger leuchtet nicht	Sensor sendet nicht	Überprüfung des Sensors mit Airscan (<i>Siehe oben</i>)
	Sensor außerhalb der Reichweite des Empfängers montiert	Montageort des Senders oder der Antenne verändern. Dabei die Reichweiten- und Montagehinweise im Datenblatt beachten
	Antenne nicht korrekt angeschlossen	Verlegung des Antennenkabels überprüfen. Dabei die Montagehinweise im Datenblatt beachten
	Sensor nicht eingelernt	Über den „Einlernmodus“ am Empfänger den Sensor neu einlernen
	Falschen Sensor eingelernt	Über den „Einlernmodus“ am Empfänger den Sensor neu einlernen
	Sensor entfernt	Über den „Einlernmodus“ am Empfänger neuen Sensor einlernen
Sensor wird am Empfänger zeitweise nicht empfangen	Der Montageort des Sensors verändert sich zeitweise (Sensor ist auf einem mobilen Gegenstand befestigt)	Montageort des Senders innerhalb des Empfangsbereiches verlegen
	Zeitweise Veränderung der den Sensor-Umgebungsbedingungen (Schrank, Aufzugkabine, Tür, Pflanzen, Menschen, Störsender)	Abstand zu Störquellen prüfen. Minimum 0,5m. Gegebenenfalls Sensor oder Antenne des Empfängers versetzen. Gegebenenfalls zusätzlichen Repeater einsetzen.
	Sender liegt im Grenzbereich des Empfängers	Sensor oder Antenne des Empfängers versetzen. RSSI-Werte mit airScan prüfen. Empfänger kann Signale bis -93 ± 2 dBm erkennen. Empfohlen wird ein Sicherheitsabstand von >15 dBm (Rohbau > 20 dBm) Oder zusätzlichen Repeater einsetzen.
Sensor wird falsch ausgewertet	Parameter am Empfänger falsch eingestellt (z.B. falscher Messbereich)	Konfiguration des Empfängers prüfen. Siehe Softwarebeschreibung des jeweiligen Gerätes