

Solarpraxis Engineering GmbH · Zinnowitzer Straße 1 · 10115 Berlin

► ***Sondergebiet Photovoltaik-
Freiflächenanlage an der Heberleinstraße,
Wolgast***

*Analyse der Reflexionswirkung einer
Photovoltaikanlage*

Auftraggeber

Amt Am Peenestrom
Stadt Wolgast (geschäftsführend)
Fachdienst Bauen
Burgstraße 6
17438 Wolgast

erstellt von

Mario Wolff
Solarpraxis AG
Zinnowitzer Straße 1
10115 Berlin Germany
Tel. 030/ 726 296-400
Fax. 030/ 726 296-309
E-Mail: mario.wolff@solarpraxis.de
Internet: www.solarpraxis.de

Datum: 07.03.2014



Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Zweck und Gegenstand des Gutachtens | 3 |
| 2 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 4 |
| 3 | Einleitung | 5 |
| 3.1 | Gesetzliche Grundlagen | 5 |
| 3.1.1 | Nutzung erneuerbarer Energien als ein explizites Ziel von Baurecht und Raumordnung | 5 |
| 3.1.2 | Immissionsschutz | 6 |
| 3.2 | Blendung | 7 |
| 3.2.1 | Blendung im Wohnbereich | 7 |
| 3.3 | Entstehung von Reflexionen bei Photovoltaikanlagen | 8 |
| 3.4 | Verwendete Azimut-Winkelangaben | 9 |
| 4 | Situation vor Ort | 10 |
| 4.1 | Der geplante Solarpark | 10 |
| 4.2 | Die Bebauung | 11 |
| 4.2.1 | Kleingartenanlage | 11 |
| 4.2.2 | Schulgebäude | 12 |
| 5 | Berechnungen | 14 |
| 5.1 | Methodik der Berechnung | 14 |
| 5.2 | Reflexionen zu Wohnhäusern | 16 |
| 5.2.1 | Fensterfront Blickpunkt P1 (Arbeitsraum Sportlehrer) | 17 |
| 5.2.2 | Fensterfront Blickpunkt P2 | 18 |
| 5.2.3 | Fensterfront Blickpunkt P3 (Klassenraum1/Zeichnen) | 19 |
| 6 | Bewertung der Ergebnisse | 21 |
| 6.1 | Reflexionswirkungen auf das Schulgebäude | 21 |
| 7 | Verwendete Materialien | 22 |
| 7.1 | Dokumente vom Auftraggeber | 22 |
| 7.2 | Literatur | 22 |
| 8 | Abbildungsverzeichnis | 23 |

1 Zweck und Gegenstand des Gutachtens



Es soll untersucht werden, ob Reflexionen des Sonnenlichts an den Photovoltaikmodulen der geplanten Photovoltaikanlage an der Heberleinstraße in Wolgast (Mecklenburg-Vorpommern) auf die östlich gelegene Schule und die südöstliche gelegene Kleingartenanlage reflektiert werden und dadurch gegebenenfalls störende Blendwirkungen auftreten können.

Anschließend sind gegebenenfalls Maßnahmen zur Vermeidung etwaiger Blendung zu erarbeiten.

Die Analyse erfolgte auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten und Pläne. Ein Ortstermin durch die Solarpraxis Engineering GmbH fand nicht statt.



Abbildung 1: Baufeld der geplanten PV-Anlage (Quelle: Google Earth Pro)

2 Zusammenfassung der Ergebnisse



Unter den gegenwärtigen Bedingungen und dem aktuellen Stand der Anlagenplanung wird die Reflexionswirkung der geplanten PV-Anlage auf das Schulgebäude und die Kleingartenanlage als unbedenklich bewertet.

Ein direkter Sichtbezug von den Photovoltaikmodulen auf die Fenster der Wohnbereiche und der Terrassen in der Kleingartenanlage ist aufgrund der dichten Garagenbebauung und eines Sichtschutzes (Bepflanzung) nicht möglich.

Die Blendeinwirkungen an den Fensterfronten des Schulgebäudes liegen innerhalb der zulässigen Grenzwerte. Der Grenzwert für die tägliche Immissionsdauer von 30 Minuten wird eingehalten und die jährlich zulässige Sonnenlichtreflexion von 30 Stunden deutlich unterschritten.

Blendschutzmaßnahmen sind mit der in Abschnitt 4.1 dargestellten Modulausrichtung, Modulneigung und den angegebenen Tischhöhen nicht erforderlich.



3 *Einleitung*

Der vorliegende Bericht enthält vertrauliche Informationen. Der Bericht dient nur zur Vorlage bei den finanzierenden Banken, beim Anlagennerrichter bzw. dessen Rechtsnachfolger, beim Auftraggeber sowie zur Klärung genehmigungsrechtlicher Fragen bei den entsprechenden Behörden. Darunter fällt auch die Weitergabe des Berichts als Bestandteil des B-Planes durch die Gemeinde an berechtigte Interessenten nach dem Informationsfreiheitsgesetz. Eine Weitergabe an sonstige Dritte oder die Veröffentlichung des Berichtes unabhängig vom B-Plan als Ganzes oder in Teilen ist nur in Absprache mit der Solarpraxis Engineering GmbH zulässig.

3.1 *Gesetzliche Grundlagen*

3.1.1 *Nutzung erneuerbarer Energien als ein explizites Ziel von Baurecht und Raumordnung*

Schon vor der Havarie in Fukushima enthielten die Grundsätze der Raumordnung in §2 Abs. 1 Raumordnungsgesetz (ROG) unter Nr. 1 die Sicherung der nachhaltigen Daseinsvorsorge und der Entwicklungspotenziale sowie den Ressourcenschutz, und unter Nr. 3 die Versorgung mit Infrastrukturen der Daseinsvorsorge. Unter Nr. 6 wird explizit genannt: "Den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes ist Rechnung zu tragen, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen. Dabei sind die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen."

In §1 Abs. 6 Nr. 7 Buchstabe f BauGB¹ ist die Nutzung erneuerbarer Energien ebenfalls explizit aufgeführt als ein öffentlicher Belang, der besonders zu berücksichtigen ist.

Nach den dramatischen Ereignissen in Japan und dem von weiten Teilen der Bevölkerung mitgetragenen Entschluss der Regierung, aus der nuklearen Stromerzeugung baldmöglichst auszusteigen und umgehend die Weichen für eine nachhaltigere Energie- und damit auch Stromversorgung zu stellen, basierend auf unbefristet verfügbaren erneuerbaren Energiequellen, wurde das Gesetz zur Stärkung der klimagerechten Entwicklung in den Städten und Gemeinden (BGBl. I S. 1509) erlassen, das Städten und Gemeinden eine stärkere Rolle in der klimagerechten Bodennutzung zuschreibt. Zu diesem Zweck wurden durch dieses Gesetz Festsetzungsmöglichkeiten zum Einsatz und zur Nutzung erneuerbarer Energien ins Baugesetz eingefügt und die Nutzung insbesondere auch von Photovoltaikanlagen an oder auf Gebäuden erleichtert.

U.a. wurden

- ▶ in §5 Abs. 2 Nr. 2 BauGB die Ausstattung des Gemeindegebietes mit Anlagen zur dezentralen Stromerzeugung in die möglichen Inhalte eines Flächennutzungsplans explizit aufgenommen,

¹ Baugesetzbuch



- ▶ in §9 Abs. 1 Nrn. 12 und 23 Festsetzungsmöglichkeiten im Bebauungsplan aufgenommen für Flächen und Gebiete, die der dezentralen Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien dienen sollen,
- ▶ in §35 Abs. 1 als Nr. 8 eine Privilegierung von gebäudeintegrierten Solaranlagen im Außenbereich aufgenommen.

In der Gesetzesbegründung wird als Ziel genannt, den Handlungsspielraum der Gemeinden zu erweitern. Als beabsichtigte Gesetzesfolge wird unter dem Punkt 5. Nachhaltigkeit ausgeführt:

"Das Gesetz weitet den Planungsspielraum der Gemeinden zur Stärkung der klimagerechten Stadtentwicklung aus. Es fördert die Nutzung erneuerbarer Energien, spart Rohstoffe und Ressourcen und unterstützt die schnellere Erreichung der Klimaschutzziele Deutschlands. Erneuerbare Energien reduzieren den Verbrauch fossiler Brennstoffe und tragen damit zur Verbesserung der Luftqualität bei. Die Nutzung erneuerbarer Energien und die damit verbundene Schonung von Rohstoffen, die damit künftigen Generationen erhalten bleiben, tragen dazu bei, dass diese Generation ihre Aufgaben selbst löst und sie nicht kommenden Generationen aufbürdet."

War also schon vor dieser Gesetzesänderung die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energie als politische Zielsetzung in einer Abwägung gem. §1 Abs. 7 BauGB zu berücksichtigen, so ist nunmehr die politische Verantwortung der Städte und Gemeinden zur Forcierung dieser Politik hervorgehoben.

3.1.2 Immissionsschutz

Bei der Bauleitplanung sind im Rahmen der gem. §1 Abs. 7 BauGB zwingend vorgeschriebene Abwägung von öffentlichen und privaten Belangen auch Lichtreflexionen als Immissionen zu betrachten und zu bewerten.

§3 Abs. 1 BImSchG² definiert: Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieses Gesetzes sind Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

§3 Abs. 2 BImSchG erklärt weiterhin: Immissionen im Sinne dieses Gesetzes sind auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.

Anlagen im Sinne des §3 Abs. 5 Nr. 1 BImSchG, zu denen auch Photovoltaikanlagen gehören, sind nach §5 Abs. 1 Nr. 1 und 2 (im Falle genehmigungsbedürftiger Anlagen) bzw. nach §22 Abs. 1 Nr. 1 (im Falle nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen) so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.

² Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG)

In diesem Sinn ist von Photovoltaikanlagen reflektiertes Sonnenlicht eine Immission, die belästigend wirken kann. Es gibt aber keine gesetzlichen Vorschriften zur Bestimmung der immissionsschutzrechtlichen Erheblichkeitsgrenzen.



3.2 Blendung

Blendung ist in der DIN EN 12665 als "unangenehmer Sehzustand durch ungünstige Leuchtdichteverteilung oder zu hohe Kontraste" definiert. Dabei ist die Leuchtdichte als Lichtstärke pro Fläche ein fotometrisches Maß für die von Menschen empfundene Helligkeit. Zu große Leuchtdichteunterschiede oder ungünstige Leuchtdichteverteilungen im Gesichtsfeld können zu einem unangenehmen Gefühl (psychologische Blendung) oder einer tatsächlich messbaren Herabsetzung der Sehleistung (physiologische Blendung) führen.³

3.2.1 Blendung im Wohnbereich

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) hat bereits vor Jahren damit begonnen, in Ermangelung von zeitlichen Grenzwerten für Sonnenlicht-Reflexionen von Photovoltaikanlagen, Grenzwerte aus einem anderen Regelungsbereich, der sogenannten Schattenwurf-Richtlinie für Windenergieanlagen (WEA)⁴, zu übernehmen und andere Immissionsschutzbehörden folgen diesem Beispiel immer öfter. Nach dieser Schattenwurf-Richtlinie wird eine tägliche Einwirkzeit von 30 Minuten als Zulässigkeitsobergrenze für Sonnenlichtreflexionen auf Fenster oder Balkone angesetzt, kombiniert mit der ebenfalls in dieser Richtlinie festgelegten jährlichen Obergrenze von 30 Stunden. Dabei beurteilt das LfU allerdings nur solche Reflexionen als Immissionen, die einen Abstandswinkel von mehr als 10° zur Sonne haben.

Eine analoge Anwendung dieser Schattenwurf-Richtlinie auf die Beurteilung von Reflexionen des Sonnenlichts an fest montierten, also statisch reflektierenden Photovoltaikmodulen verbietet sich aber eigentlich schon deshalb, weil in Nr. 1.1 dieser Richtlinie explizit als Anwendungsbereich der durch einen Windenergieanlagen-(WEA)-Rotor verursachte periodische Schattenwurf sowie seine Lichtreflexe ("Disco-Effekt") genannt werden. Unter Nr. 3.2 wird dann noch ausgeführt, dass die tägliche 30-Minutengrenze vorsorglich eingeführt wird, da in Labormessungen festgestellt wurde, dass bereits ab einem einmaligen 60-minütigen Einwirken periodischen Schattenwurfs Stressreaktionen auftreten können.

Der Beschluss der LAI (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz), hier „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ Anhang 2 im September 2012 orientiert sich an den zulässigen Grenzwerten der Schattenwurf-Richtlinie für Windenergieanlagen (103. Sitzung, Mai 2002).

Beruft sich eine Behörde in einem ablehnenden Bescheid bezüglich einer fest installierten Photovoltaikanlage darauf, dass ihr Ermessensspielraum bei der Beurteilung der Blendwirkung

³ Wittlich 2010

⁴ Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweis, verabschiedet auf der 103. Sitzung des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), 6.-8.5.2002



durch diese Schattenwurf-Richtlinie eingeschränkt sei, so müsste der Bescheid demzufolge ohne weiteres anfechtbar sein, da sie ihr Ermessen fehlerhaft ausgeübt hat.

Bisher gibt es aber noch keine gerichtliche Überprüfung eines entsprechenden Falles, da Klageverfahren zeitaufwändig sind und so muss empfohlen werden, die vom LfU seit Jahren angewendeten Grenzwerte einzuhalten, um langwierige Verzögerungen im Genehmigungsverfahren zu vermeiden.

3.3 Entstehung von Reflexionen bei Photovoltaikanlagen

Eine Photovoltaikanlage besteht aus den Komponenten Montagegestell, Wechselrichter und Photovoltaik-Modul (PV-Modul).

Komponenten, an denen ggf. relevante Reflexionen entstehen können, sind die Deckgläser der PV-Module. Da die PV-Module nach Süden geneigt sind, ergibt sich nach Norden unterhalb der durch die Moduloberfläche festgelegten geometrischen Ebene ein Raum, in den mit Sicherheit nie Strahlung von der Oberfläche reflektiert werden kann, wie Abbildung 2 verdeutlicht.

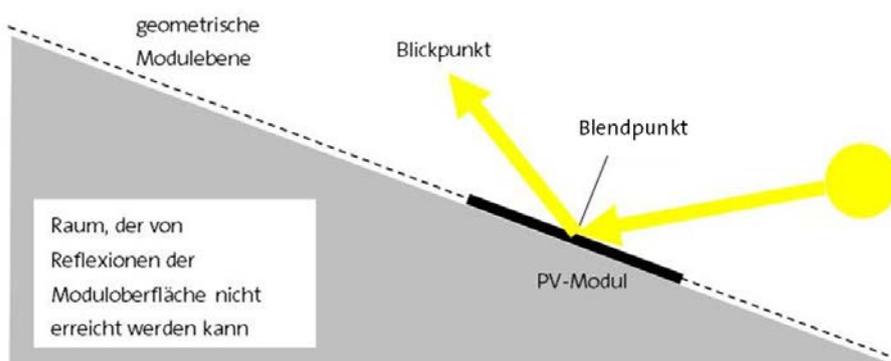


Abbildung 2: Reflexionsebene

Potenziell blendende Lichtreflexionen an den Gläsern der PV-Module können nur zu Zeiten direkter Sonneneinstrahlung auftreten. Bei diffusem Licht mit ungerichteter Strahlung kann keine gerichtete Reflexion auftreten.

Deckgläser, die für PV-Module verwendet werden, bestehen im Allgemeinen aus unstrukturiertem eisenarmen Weißglas. Es wird ein spezielles Glas verwendet, um die Transmission zu erhöhen, also den Lichteinfall des gesamten Strahlungsspektrums auf die solar aktive Fläche der PV-Module zu maximieren. So werden ein hoher energetischer Wirkungsgrad, ein hoher Ertrag und eine geringe Reflexion gesichert. Dies hat nach heutigem Stand der Technik zur Folge, dass weniger als 9 % des gesamten eingestrahlteten sichtbaren Lichtes reflektiert werden.

Die Reflexionseigenschaften von Glas variieren mit dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, wie Abbildung 3 verdeutlicht.

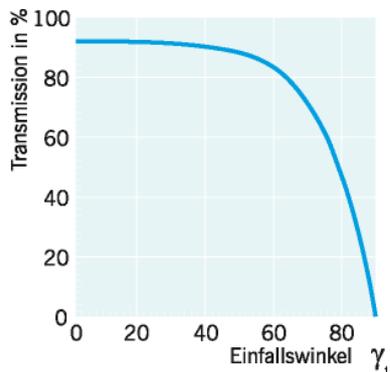


Abbildung 3: Auswirkung des Einfallswinkels auf den Transmissionsgrad für Modulgläser



Ein Einfallswinkel von 0° bedeutet in dieser Grafik einen senkrechten Lichteinfall auf die Modulverglasung. Mit zunehmender Abweichung des Einfallswinkels von 0° sinkt die Transmission und die Reflexion steigt. Bis zu einer Abweichung von etwa 65° vom senkrechten Lichteinfall werden also weniger als 20 % der Einstrahlung reflektiert.

3.4 *Verwendete Azimut-Winkelangaben*

Allgemein werden in der Solartechnik Azimutwinkel von Süden ($=0^\circ$) aus angegeben, so dass üblicherweise eine Ostausrichtung mit -90° und eine Westausrichtung mit $+90^\circ$ angegeben wird.

Da die Berechnungsmethode zur Bestimmung der Reflexionen jedoch aus der Geodäsie entnommen worden ist und dort allgemein vom Norden ($=0^\circ$) aus im Uhrzeigersinn gerechnet wird, werden im Folgenden die sich daraus ergebenden Azimutangaben verwendet:

Norden = 0° , Osten = 90° , Süden = 180° und Westen = 270°

Zur Erinnerung und leichteren Lesbarkeit für Leser, die in der Regel mit der in der Solartechnik üblichen Bezeichnung zu tun haben, werden ab und zu Azimutwinkel zusätzlich in dieser Solardiktion aufgeführt, z.B. Azimut 121° (in Solardiktion -59°).



4 Situation vor Ort

4.1 Der geplante Solarpark

Die Koordinaten für die geplante Photovoltaikanlage an der Heberleinstraße betragen $13,75^\circ$ Nord und $54,04^\circ$ Ost. Die Anlage liegt westlich der Schule und nordwestlich der Kleingartenanlage (s. Abbildung 1).

Nach Angaben des Auftraggebers werden die Solarmodule mit einer Neigung von 28° nach Süden (Azimut 180° , in Solardiktion 0°) ausgerichtet. Die Modulunterkante liegt $0,70$ m über dem Bodenniveau, die Moduloberkante befindet sich in einer Höhe von $3,14$ m. Der Abstand zwischen den Reihen wird mit $5,75$ m angegeben. Anhand dieser Angaben und Vorgaben zum Randabstand zur Grundstücksgrenze wurde ein Belegungsplan erstellt (siehe Abbildung 4), damit für die Berechnung der Reflexionsdiagramme benötigte Abstände und Winkel ermittelt werden können.

Das Baufeld weist ein West-Ost Gefälle von ca. $-2,5\%$ auf. Auf dem Grundstück befindet sich im nördlichen Bereich noch eine 4 m hohe Erhebung gegenüber dem durchschnittlichen Geländeniveau. Nach Aussage des Auftraggebers wird das gesamte Gelände bei Baubeginn noch eingeebnet. Die Geländehöhe wird mit 30 m üNN angesetzt.

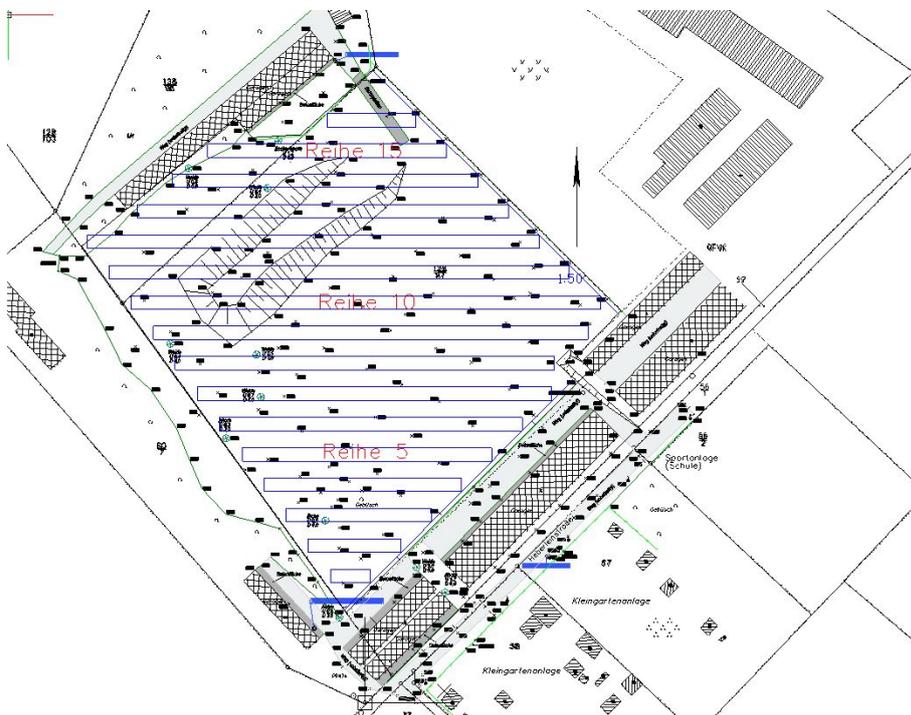


Abbildung 4: Belegungsplan

Für die weiteren Berechnungen und Darstellungen wird die südlichste Modulreihe als Reihe 1 gekennzeichnet.



4.2 Die Bebauung

Als maßgebende Immissionsorte sind gemäß Auftrag und Bebauungsplan die östlich gelegene Schule und die nordwestlich gelegene Kleingartenanlage untersucht worden.

Die Berechnungen erfolgen jeweils an den höchst gelegenen und als Wohn- bzw. Arbeits- und Schulraum genutzten Fenstern, da an diesen Fenstern das Blendrisiko am größten ist.

Die Lage, Höhe und Abmaße der Fenster an den zu untersuchenden Objekten wurde mittels Fotodokumentation und Zeichnungen vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

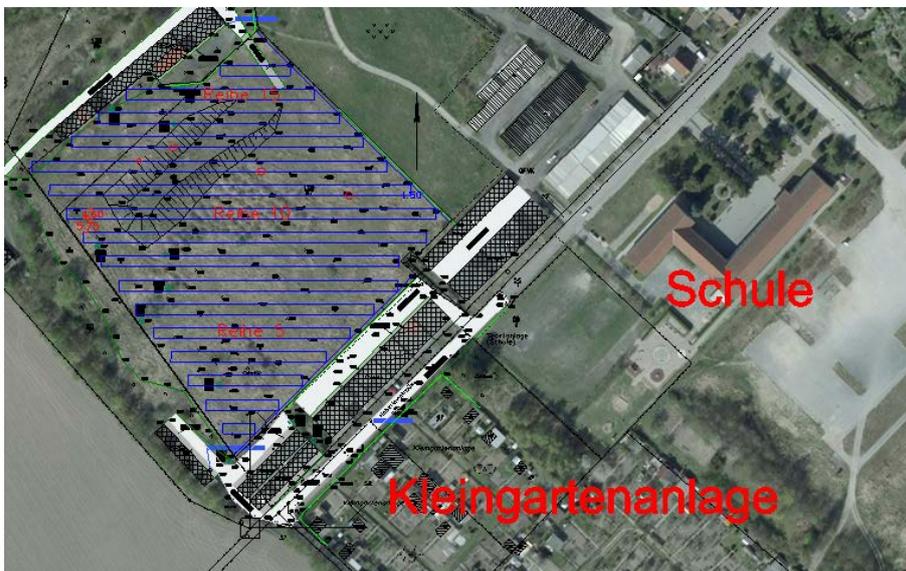


Abbildung 5: Lage der zu untersuchenden Bebauungsobjekte

4.2.1 Kleingartenanlage

Die nächstgelegene Modulreihe hat einen Abstand von ca. 50 m zur ersten Bebauung in der Kleingartenanlage. Bei den Häusern der Kleingartenanlage handelt es sich um eine eingeschossige Bebauung. Die daraus resultierenden Fensteroberkanten liegen nicht höher wie 2,00 m.

Beim derzeitigen Planungsstand ist der direkte Sichtbezug von den Photovoltaikmodulen auf die Fenster der Wohnbereiche aufgrund der dichten Garagenbebauung und eines Sichtschutzes (Bepflanzung) nicht möglich. Damit können keine Reflexionseinwirkungen oberhalb der Grenzwerte auftreten.

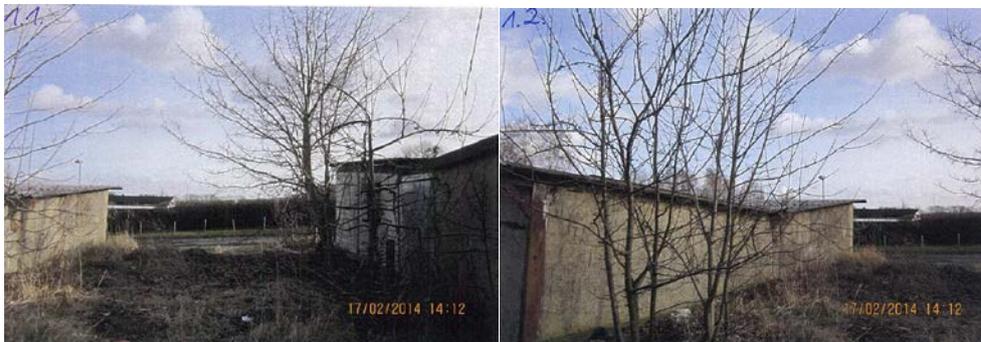


Abbildung 6: Blickrichtung Kleingartenanlage

Der südwestliche Teil der Kleingartenanlage befindet sich ferner im blendfreien Bereich.

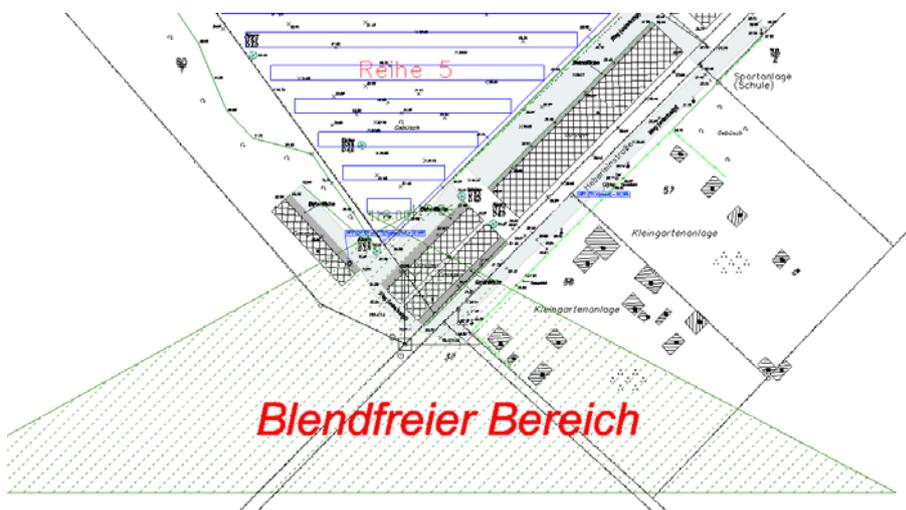


Abbildung 7: blendfreier Bereich der PV-Anlage

4.2.2 Schulgebäude

Das zweigeschossige Schulgebäude liegt östlich der geplanten Photovoltaikanlage auf einem Höhengniveau von ca. 27 m üNN. Die nächstgelegene Modulreihe hat einen Abstand von ca. 83 m zum Gebäude.

Im Sinne einer worst-case-Betrachtung werden bei ähnlichen Fenstergrößen jeweils die obersten und der PVA am nächsten gelegenen Fenster Berechnungen durchgeführt, da tiefer oder entfernt gelegene Fenster bei gleicher Größe weniger von Reflexionen betroffen werden.

Untersucht wurden daher die kritischen Fenster der oberen Etage auf den nordwestlichen Fassadenseiten und die südwestliche Fassade des Gebäudes. Laut Unterlagen, der auszugsweise vorliegenden Baupläne, handelt es sich hierbei auf der nordwestlichen Seite um den Arbeitsraum der Sportlehrer (Blickpunkt P1) und einen weiteren Raum ohne Bezeichnung (P2) sowie um den Klassenraum1/Zeichnen (P3) auf der südwestlichen Seite.



Die Brüstungshöhen der Fenster liegen bei 4,30 m über der Geländeoberkante. Die Fensterhöhen betragen 1,65 m. Die Fensterbreiten wurden über die gesamte Raumlänge angesetzt.

Die Aula/Sporthalle, dessen Fenster sich ebenfalls auf der nordwestlichen Fassadenseite befinden, wurde nicht berechnet, weil sich dieser Raum über zwei Etagen erstreckt und die Fensterunterkanten bei ca. 4,20 m über der Oberkante des Fertigfußbodens liegen. Eine Blendung durch diese hochliegenden Fenster in das Blickfeld von Personen kann daher ausgeschlossen werden.

In der Abbildung 8 sind die untersuchten und berechneten Fensterfronten des Schulgebäudes eingezeichnet und markiert.

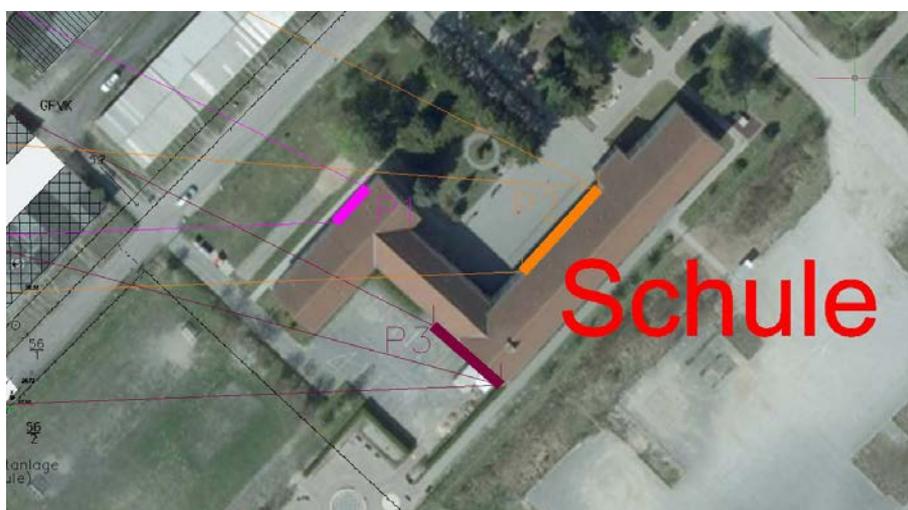


Abbildung 8: untersuchte Fensterfronten des Schulgebäudes



5 Berechnungen

5.1 Methodik der Berechnung

Zunächst wird eine Aufstellung mit sämtlichen Sonneneinfallswinkeln im Jahresverlauf am geplanten Standort des Solarparks in 6-minütiger Auflösung für 12 Tage im Jahr erstellt (jeweils der 21. jeden Monats); die sich daraus ergebenden Reflexionsrichtungen werden bestimmt. Jedem Einfallswinkel des Sonnenlichts entspricht nach dem Reflexionsgesetz („Einfallswinkel = Ausfallswinkel“) genau ein Ausfallswinkel reflektierter Strahlung bei gegebener reflektierender Ebene.

Die danach physikalisch möglichen Reflexionsrichtungen lassen sich wiederum anschaulich in einem Diagramm darstellen, das über dem Horizont, aus Sicht eines beliebigen Reflexions- oder potenziellen Blendpunktes heraus, alle möglichen Reflexionsrichtungen durch die Koordinaten Azimut- und Höhenwinkel beschreibt (s. Abbildung 9).

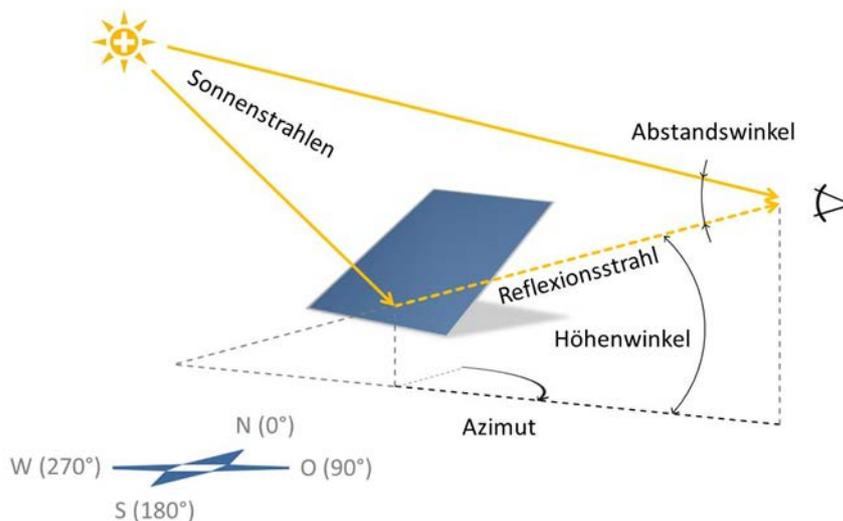


Abbildung 9: Darstellung Reflexionsstrahl anhand von Azimut- und Höhenwinkel

Ebenfalls in Abbildung 9 ist der Abstandswinkel zwischen den Blickrichtungen zur Sonne und zum Blendpunkt beschrieben, der bei kleinen Werten kein eigenständiges Blendpotenzial der Reflexion zulässt, da bei kleinen Abstandswinkeln die Blendkraft der Sonne selbst absolut dominiert (s. Abschnitt 3.1).



Aus Sicht eines beliebigen potenziellen Blendpunktes der Reflexionsebene ergibt sich am Standort der geplanten Anlage das in Abbildung 10 dargestellte Reflexionsdiagramm.

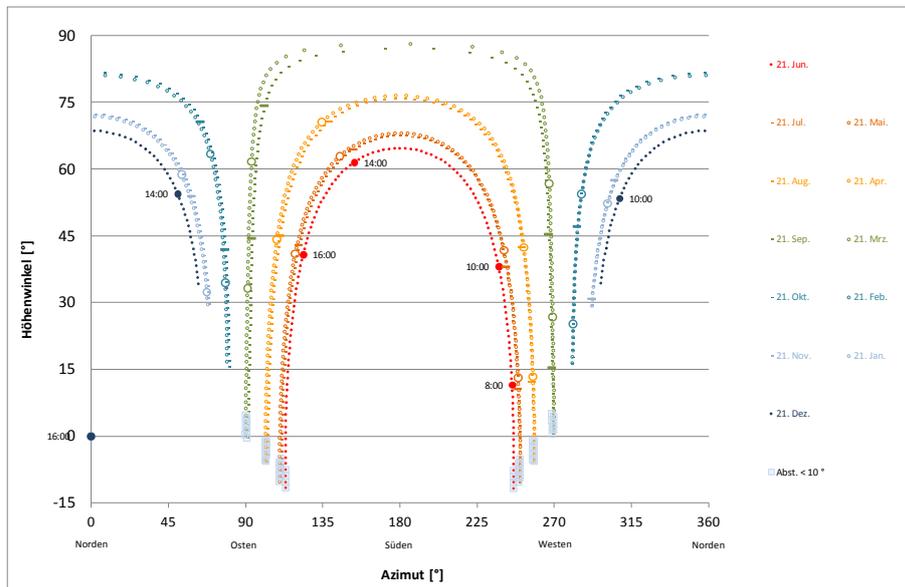


Abbildung 10: Reflexionsdiagramm bei Südausrichtung und 28° Neigung aus Sicht eines beliebigen potenziellen Blendpunktes am Standort der geplanten Anlage; waagrecht aufgetragen sind die Azimutwinkel von Norden (0°) über Osten (90°), Süden (180°) nach Westen (270°), senkrecht die Höhenwinkel; Reflexionen mit geringem Abstandswinkel zur Sonne sind hellblau markiert

Liegt ein Blickpunkt innerhalb des betroffenen Bereichs (d.h. zwischen oder oberhalb der Kurven für den 21. Juni und den 21. Dezember) im Reflexionsdiagramm, so kann anhand des Diagramms die Dauer und Jahreszeit potenzieller Reflexionen abgeschätzt werden. Der Abstand zwischen zwei Markierungspunkten eines Tages entspricht 6 Minuten. Sofern es auf konkrete Uhr- und Jahreszeiten oder die jeweilige Dauer potenzieller Reflexion ankommt, erlauben die Datentabellen eine noch genauere Ermittlung.

Die Zeitangaben mit den hervorgehobenen Markierungspunkten beziehen sich außen an der Dezemberlinie auf die mitteleuropäische Zeit (MEZ), auch Normal- oder Winterzeit genannt, und innen an der Juni-Linie auf die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ).



5.2 Reflexionen zu Wohnhäusern

Zur Veranschaulichung der Höhenwinkel sind in Abbildung 11 potenziell blendende, bodennahe Reflexionen schematisch dargestellt mit maximalem Höhenwinkel zwischen Unterkante eines Moduls und Oberkante eines Fensters sowie mit minimalem Höhenwinkel von Moduloberkante zur Unterkante eines Fensters.



Abbildung 11: Höhenwinkel der Blickpunkte aus Entfernung und Höhendifferenz von Blendpunkt zu Blickpunkt



5.2.1 Fensterfront Blickpunkt P1 (Arbeitsraum Sportlehrer)

Werden die entsprechenden Azimutwinkel mit den sich jeweils aus Entfernung und Höhendifferenz ergebenden Höhenwinkeln für die nordwestlich gelegene Fensterfront in der 2. Etage des Schulgebäudes eingetragen, ergibt sich das Reflexionsdiagramm in Abbildung 12. Der relevante Ausschnitt ist in Abbildung 13 vergrößert dargestellt.

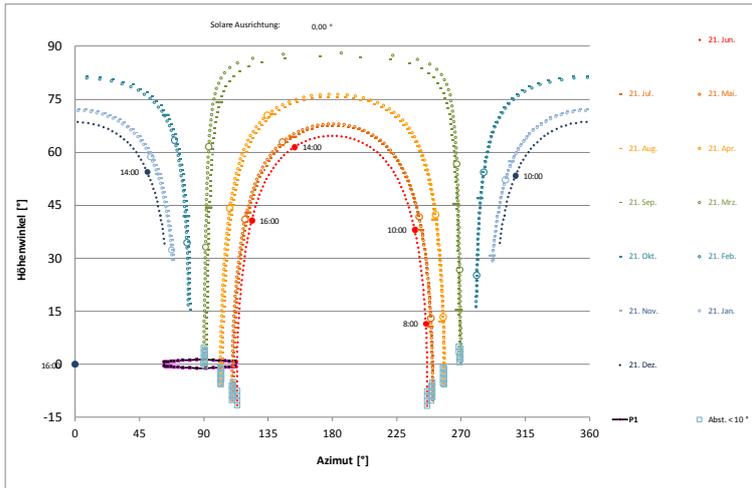


Abbildung 12: Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P1

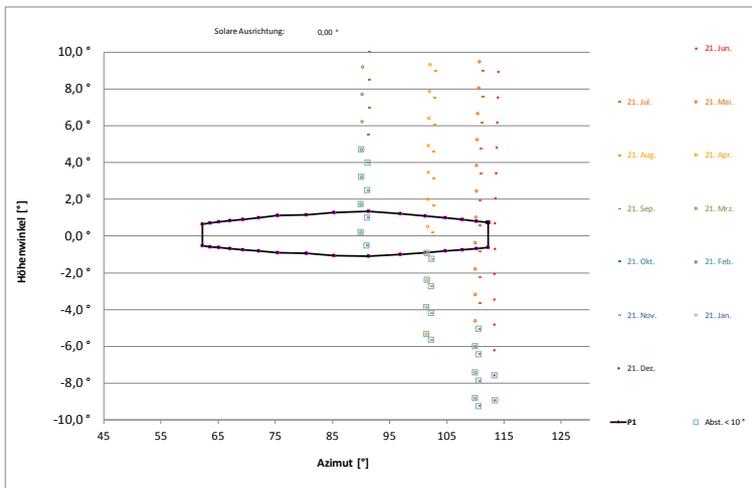


Abbildung 13: Detailausschnitt Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P1

Es zeigt sich, dass von Anfang April bis Ende August kurz vor dem Sonnenuntergang Reflexionen auf die Fenster fallen, die als Immissionen gewertet werden können.

Von Mitte März bis Anfang April, sowie Ende August bis Mitte September fallen auch Reflexionen auf das betrachtete Fenster. Weil der Abstandswinkel zu den Sonnenstrahlen selber kleiner 10° ist, werden diese jedoch nicht als Immission bewertet.



Der Abstand zwischen zwei Markierungspunkten auf den Tagesganglinien entspricht 6 Minuten. Um die kumulierte Dauer der täglichen und jährlichen Reflexion zu berechnen wurde ein minutengenauer Blendkalender erstellt. Die Berechnungen ergaben eine Dauer von maximal 8 Minuten am Tag und eine Jahressumme von 14,3 Stunden. Der entsprechende Blendkalender ist im Anhang hinterlegt.

5.2.2 Fensterfront Blickpunkt P2

Die Fensterfront mit dem Blickpunkt 2 wird teilweise durch das nördliche Ende des nordwestlichen Gebäudeteils abgeschattet (s. Abbildung 8). Damit ergibt sich ein reduzierter Reflexionsbereich, da nicht mehr alle Module/Modulreihen als potenzielle Blendpunkte in Frage kommen.

Werden die entsprechenden Azimutwinkel mit den sich jeweils aus Entfernung und Höhendifferenz ergebenden Höhenwinkeln für die nordwestlich gelegene Fensterfront in der 2. Etage des Schulgebäudes eingetragen, ergibt sich das Reflexionsdiagramm in Abbildung 14. Der relevante Ausschnitt ist in der Abbildung 15 vergrößert dargestellt.

Es zeigt sich, dass von Mitte April bis Mitte Mai und von Mitte August bis Ende August kurz vor dem Sonnenuntergang Reflexionen auf die Fenster fallen, die als Immissionen gewertet werden können.

Der Abstand zwischen zwei Markierungspunkten auf den Tagesganglinien entspricht 6 Minuten. Um die kumulierte Dauer der täglichen und jährlichen Reflexion zu berechnen wurde ein minutengenauer Blendkalender erstellt. Die Berechnungen ergaben eine Dauer von etwa 6 Minuten am Tag und eine Jahressumme von 2,7 Stunden. Ein Blendkalender für die Einwirkzeiten ist im Anhang dokumentiert.

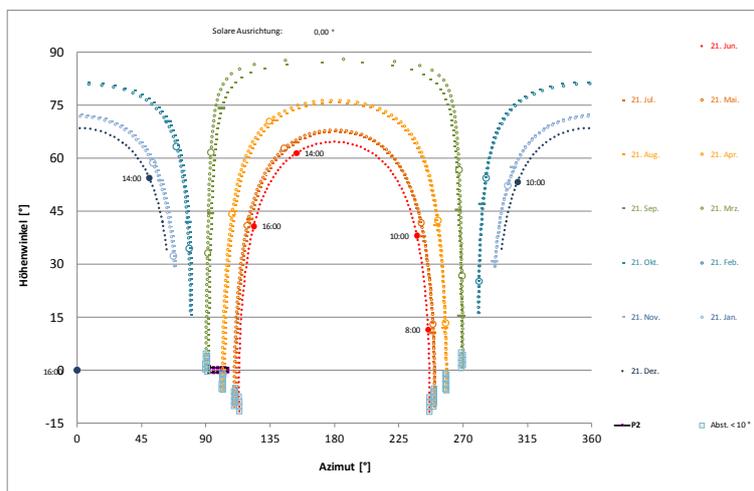


Abbildung 14: Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P2

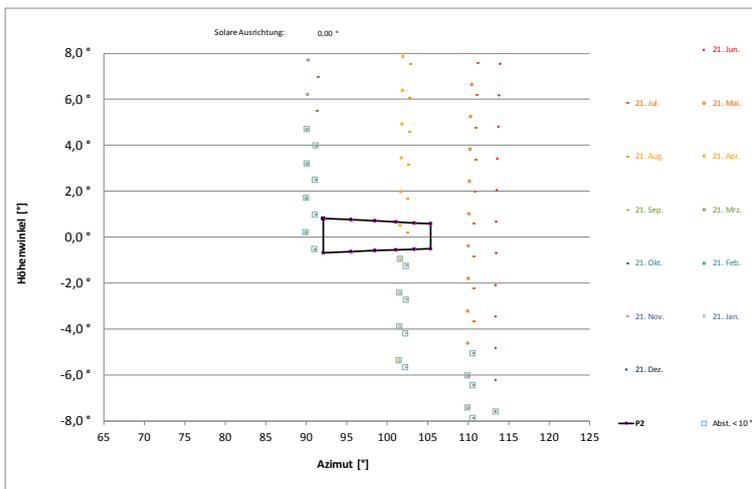


Abbildung 15: Detailausschnitt Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P2

5.2.3 Fensterfront Blickpunkt P3 (Klassenraum1/Zeichnen)

Die Fensterfront mit dem Blickpunkt P3 wird teilweise durch das südliche Ende des nordwestlichen Gebäudeteils abgeschattet (s. Abbildung 8). Damit ergibt sich ein reduzierter Reflexionsbereich, da nicht mehr alle Module/Modulreihen als potenzielle Blendpunkte in Frage kommen.

Werden die entsprechenden Azimutwinkel mit den sich jeweils aus Entfernung und Höhendifferenz ergebenden Höhenwinkeln für die südwestlich gelegene Fensterfront in der 2. Etage des Schulgebäudes eingetragen, ergibt sich das Reflexionsdiagramm in Abbildung 14. Der relevante Ausschnitt ist in Abbildung 15 vergrößert dargestellt.

Es zeigt sich, dass von Mitte April bis Mitte Mai und von Mitte August bis Ende August kurz vor dem Sonnenuntergang Reflexionen auf die Fenster fallen, die als Immissionen gewertet werden können.

Der Abstand zwischen zwei Markierungspunkten auf den Tagesganglinien entspricht 6 Minuten. Um die kumulierte Dauer der täglichen und jährlichen Reflexion zu berechnen wurde ein minutengenauer Blendkalender erstellt. Die Berechnungen ergaben eine Dauer von etwa 8 Minuten am Tag und eine Jahressumme von 3,4 Stunden. Ein Blendkalender für die Einwirkzeiten ist im Anhang dokumentiert.

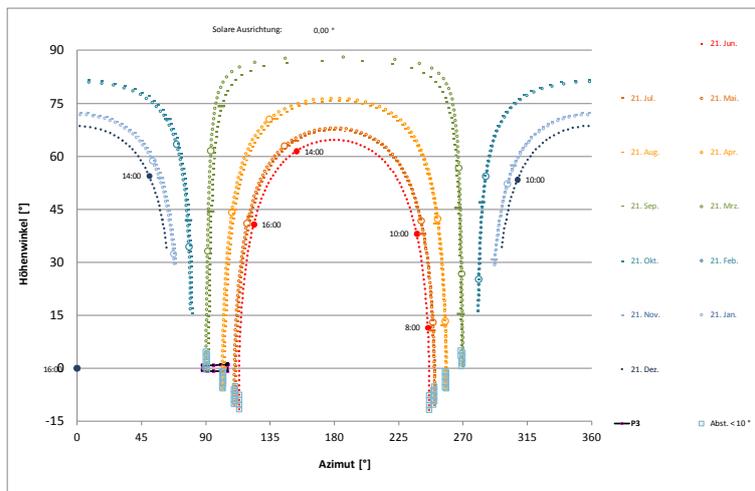


Abbildung 16: Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P3

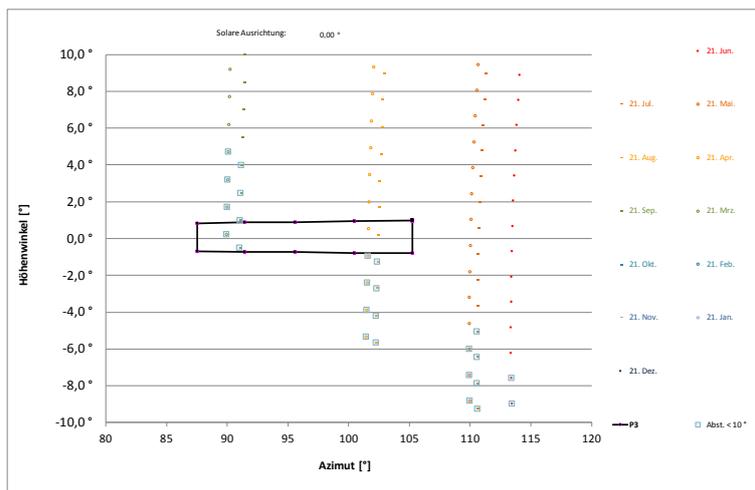


Abbildung 17: Detailausschnitt Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P3

6 *Bewertung der Ergebnisse*



6.1 *Reflexionswirkungen auf das Schulgebäude*

Anhand der berechneten Reflexionsdiagramme wurde festgestellt, dass es an den Fensterfronten zu Blendwirkungen in den oberen Etagen des Schulgebäudes kommen kann, die als Immissionen gewertet werden können.

Für die Wohnbebauung und damit auch für Schulen, Arbeitsstätten und öffentliche Gebäude gilt, dass nicht jegliche Reflexionen ausgeschlossen werden müssen. Um die maximal tägliche Einwirkzeit von 30 Minuten und die Jahressumme von 30 Stunden (s. Abschnitt 3.2.1 - Ausführungen, Hinweispapier der LAI) sicher einzuhalten, wurden weiterführende Berechnungen im Blendkalender durchgeführt.

Die minutengenaue Berechnung im Blendkalender ergab für die Fensterfront mit dem Blickpunkt P1 die Einwirkung von Sonnenlichtreflexionen von 8 Minuten am Tag und einer Jahressumme von 14,3 Stunden.

Die minutengenaue Berechnung im Blendkalender ergab für die Fensterfront mit dem Blickpunkt P2 die Einwirkung von Sonnenlichtreflexionen von 6 Minuten am Tag und einer Jahressumme von 2,7 Stunden.

Für die Fensterfront mit dem Blickpunkt P3 ergab die minutengenaue Berechnung im Blendkalender die Einwirkung von Sonnenlichtreflexionen von 8 Minuten am Tag und einer Jahressumme von 3,4 Stunden.

Die Blendeinwirkungen an den Fensterfronten des Schulgebäudes liegen innerhalb der zulässigen Grenzwerte. Der Grenzwert für die tägliche Immissionsdauer von 30 Minuten wird eingehalten und die jährlich zulässige Sonnenlichtreflexion von 30 Stunden deutlich unterschritten.

Blendschutzmaßnahmen sind nach dem derzeitigen Planungsstand nicht erforderlich.



7 *Verwendete Materialien*

7.1 *Dokumente vom Auftraggeber:*

- ▶ „130536.dwg“
- ▶ „Übersichtskarte.pdf“
- ▶ „Auszüge aus den Bauantragsunterlagen der Schule.pdf“
- ▶ „Fotos und Lageplan zu den Standorten.pdf“
- ▶ Auszug Aufstellung Bebauungsplan „StALU.pdf“
- ▶ „doc20140213154552.pdf“
- ▶ Mail vom 24.02.2014 mit Rahmendaten zur PV-Anlage

7.2 *Literatur*

- ▶ Wittlich, M.: Blendung – Theoretischer Hintergrund, Informationen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA); Sankt Augustin 2010
- ▶ Eicker, U.: Solare Technologien für Gebäude; 1. Aufl. B. G. Teubner GmbH Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden, 2001
- ▶ Reidenbach H.-D., Dollinger K., Ott G., Janßen M., Brose M. (2008): Blendung durch optische Strahlungsquellen. Bericht der BAUA, Forschung Projekt 2185
- ▶ Kaufmann, H.: Strabismus. Stuttgart, Enke, 1986
- ▶ Empfehlungen der Strahlenschutzkommission: Blendung durch natürliche und neue künstliche Lichtquellen und ihre Gefahren; verabschiedet in der 205. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16./17. Februar 2006
- ▶ Schierz, C.: Über Blendungsbewertung von reflektiertem Sonnenlicht bei Solaranlagen; Tagungsband Licht 20|12, Gemeinschaftstagung 12.-14. September 2012 Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V., Lichttechnische Gesellschaft Österreichs, Schweizer Licht Gesellschaft und Nederlandsche Stichting voor Verlichtingskunde; Hsg.: Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V. (LiTG)
- ▶ LAI: Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WEA-Schattenwurf-Hinweise), 2012

8 *Abbildungsverzeichnis*



| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Baufeld der geplanten PV-Anlage (Quelle: Google Earth Pro)..... | 3 |
| Abbildung 2: Reflexionsebene..... | 8 |
| Abbildung 3: Auswirkung des Einfallwinkels auf den Transmissionsgrad für Modulgläser | 9 |
| Abbildung 4: Belegungsplan | 10 |
| Abbildung 5: Lage der zu untersuchenden Bebauungsobjekte | 11 |
| Abbildung 6: Blickrichtung Kleingartenanlage | 12 |
| Abbildung 7: blendfreier Bereich der PV-Anlage | 12 |
| Abbildung 8: untersuchte Fensterfronten des Schulgebäudes | 13 |
| Abbildung 9: Darstellung Reflexionsstrahl anhand von Azimut- und Höhenwinkel | 14 |
| Abbildung 10: Reflexionsdiagramm bei Südausrichtung und 28° Neigung aus Sicht eines beliebigen potenziellen Blendpunktes am Standort der geplanten Anlage; waagrecht aufgetragen sind die Azimutwinkel von Norden (0°) über Osten (90°), Süden (180°) nach Westen (270°), senkrecht die Höhenwinkel; Reflexionen mit geringem Abstandswinkel zur Sonne sind hellblau markiert..... | 15 |
| Abbildung 11: Höhenwinkel der Blickpunkte aus Entfernung und Höhendifferenz von Blendpunkt zu Blickpunkt | 16 |
| Abbildung 12: Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P1..... | 17 |
| Abbildung 13: Detailausschnitt Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P1 | 17 |
| Abbildung 14: Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P2..... | 18 |
| Abbildung 15: Detailausschnitt Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P2 | 19 |
| Abbildung 16: Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P3..... | 20 |
| Abbildung 17: Detailausschnitt Reflexionsdiagramm Fensterfront Blickpunkt P3 | 20 |

Auswertung:
14,3 h/a
max: 8 min/d

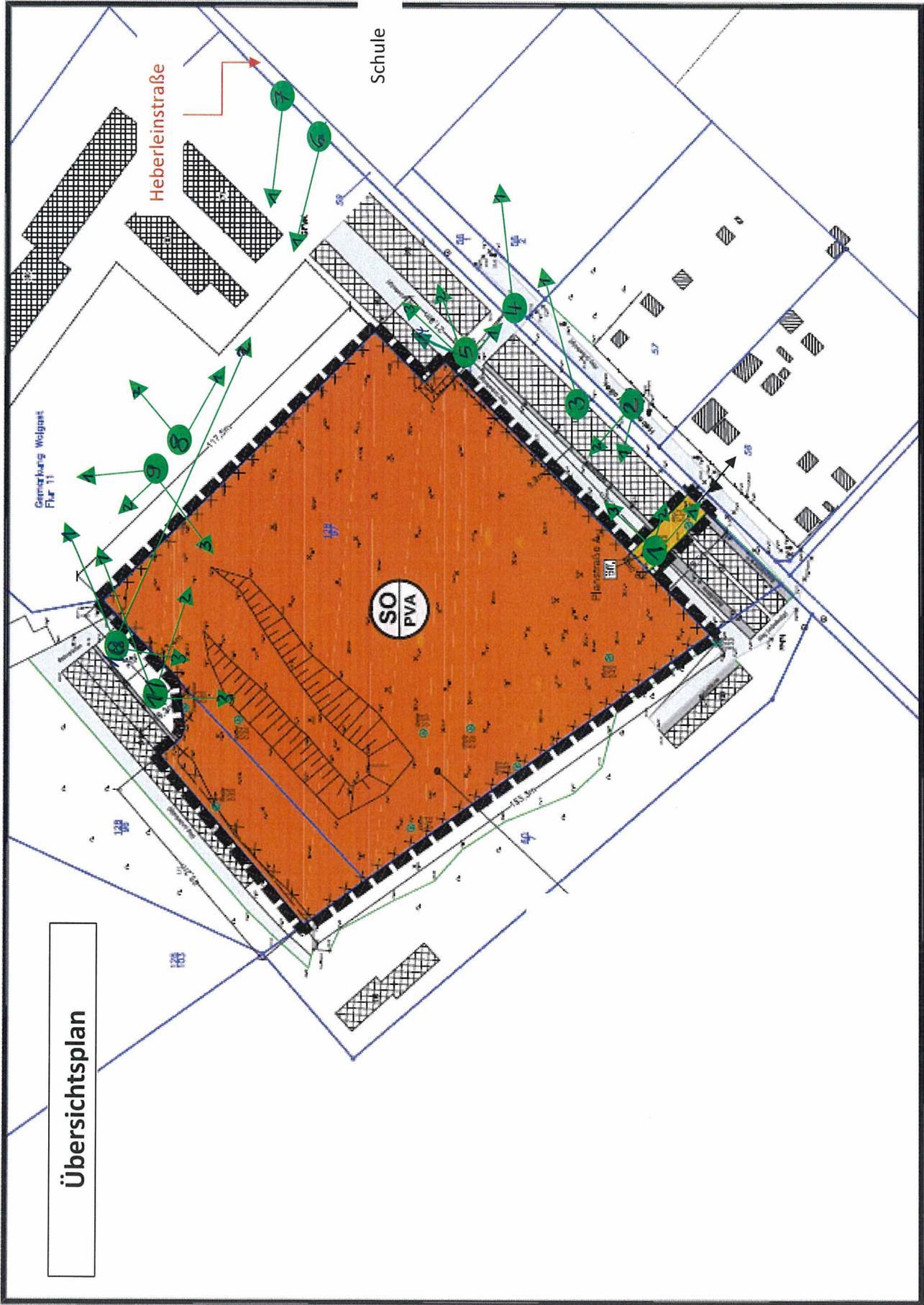
Reflexionen der geplanten Anlage auf Blickpunkt P1

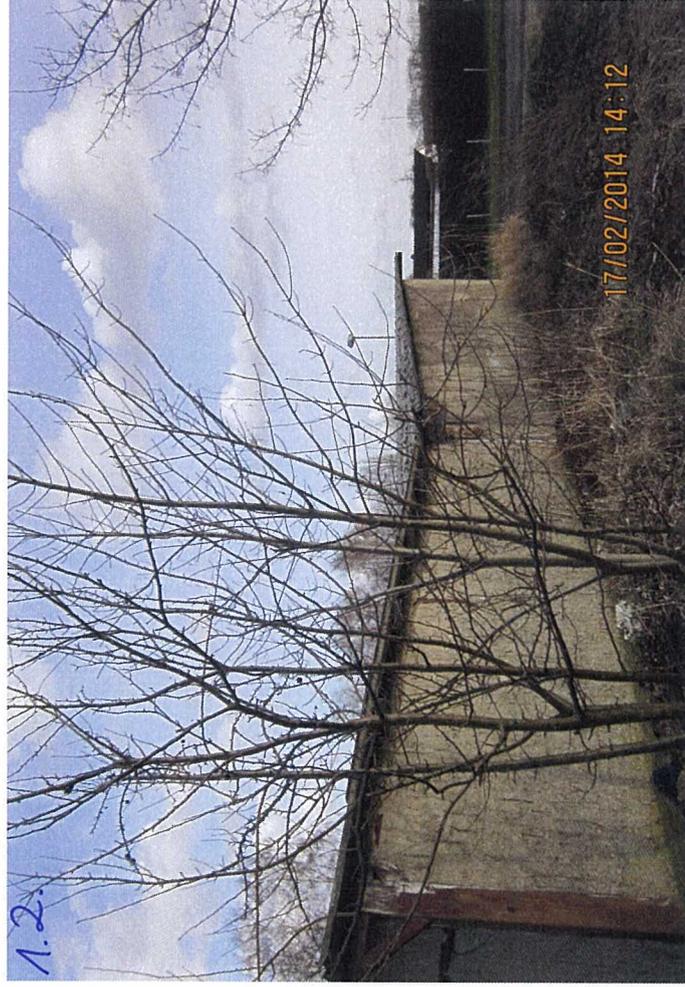
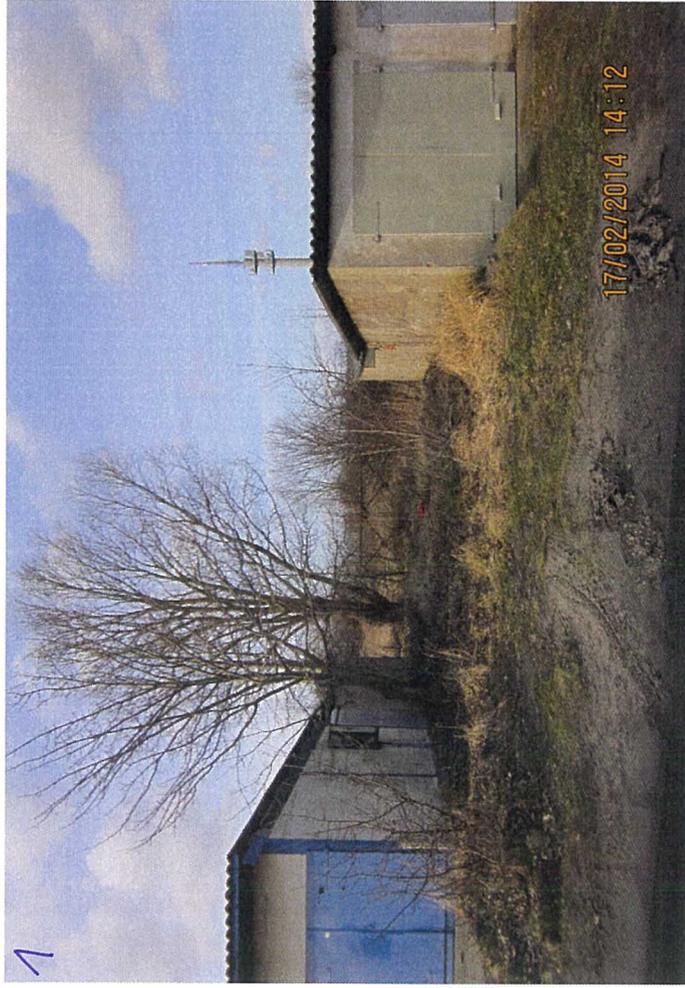
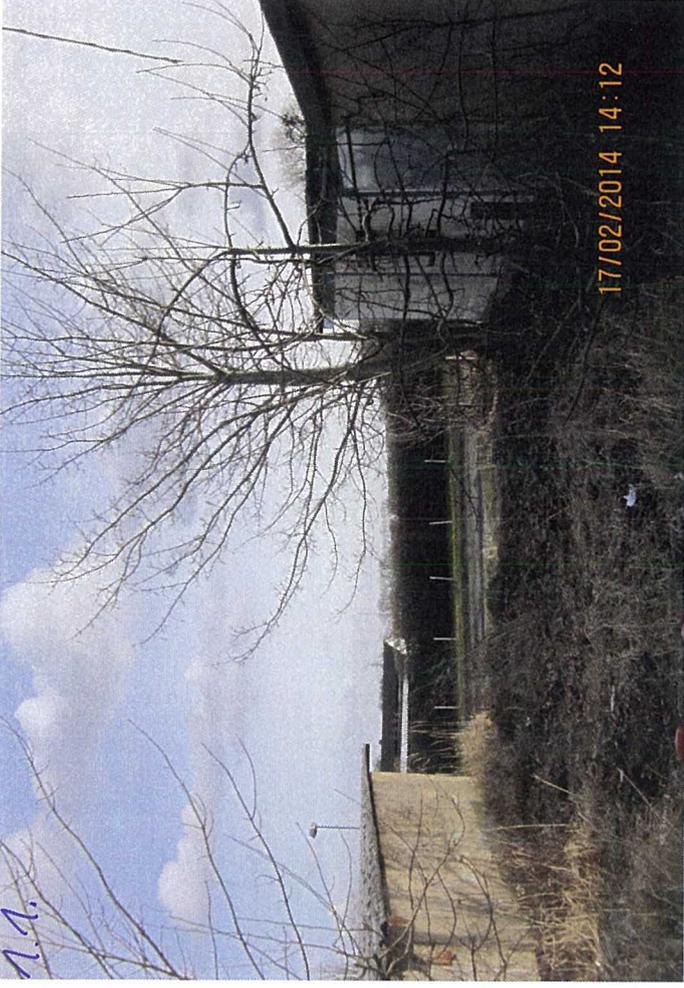
2,0 minütlich Abst.winkel: 10°

Vorgaben: Azimut 55,0° - 115,0° Höhenwinkel: m_{min}= 0,019

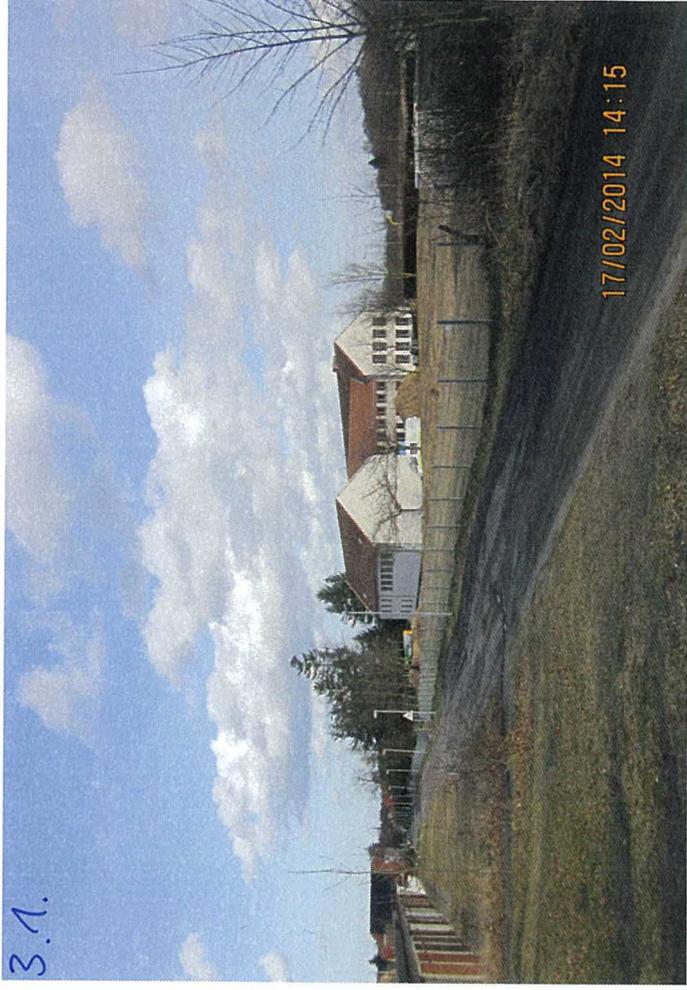
| | Datum | Uhrzeit (MEZ) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 17:45 | 17:47 | 17:49 | 17:51 | 17:53 | 17:55 | 17:57 | 17:59 | 18:01 | 18:03 | 18:05 | 18:07 | 18:09 | 18:11 | 18:13 | 18:15 |
| Tagessummen: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 2. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 3. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 4. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 5. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 6. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 7. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 8. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 9. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 10. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 11. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 12. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 13. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 14. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 15. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 16. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 17. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 18. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 19. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 20. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 21. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 22. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 23. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 24. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 25. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 26. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 27. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 28. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 29. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 30. Apr. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 2. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 3. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 4. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 5. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 6. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 7. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 8. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 9. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 10. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 11. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 12. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 13. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 14. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 15. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 16. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 17. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 18. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 19. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 20. Mai. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Übersichtsplan



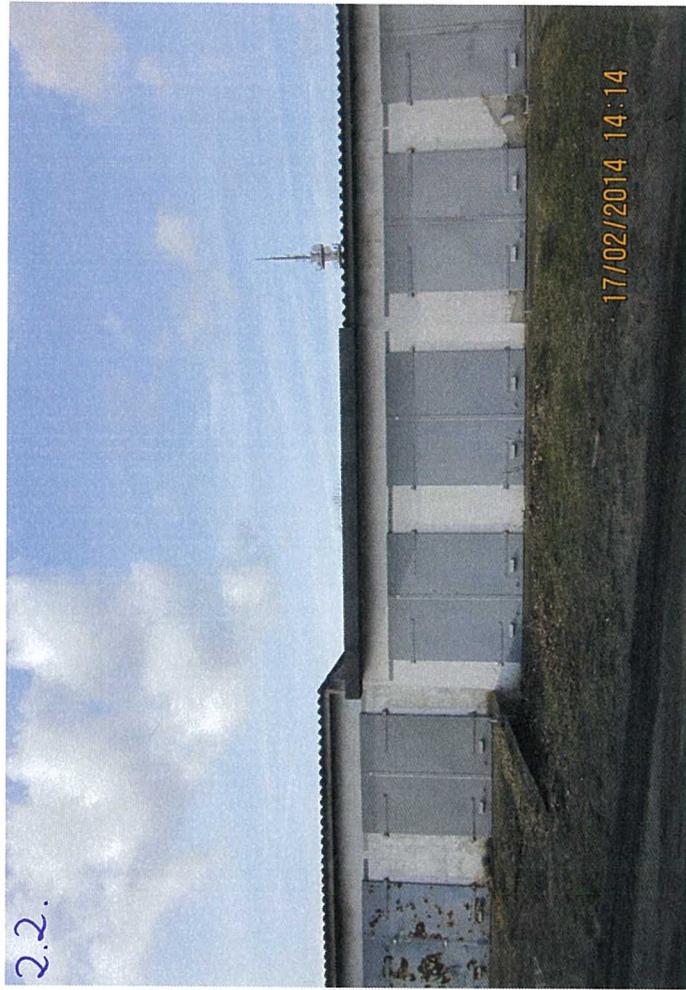


3.1.



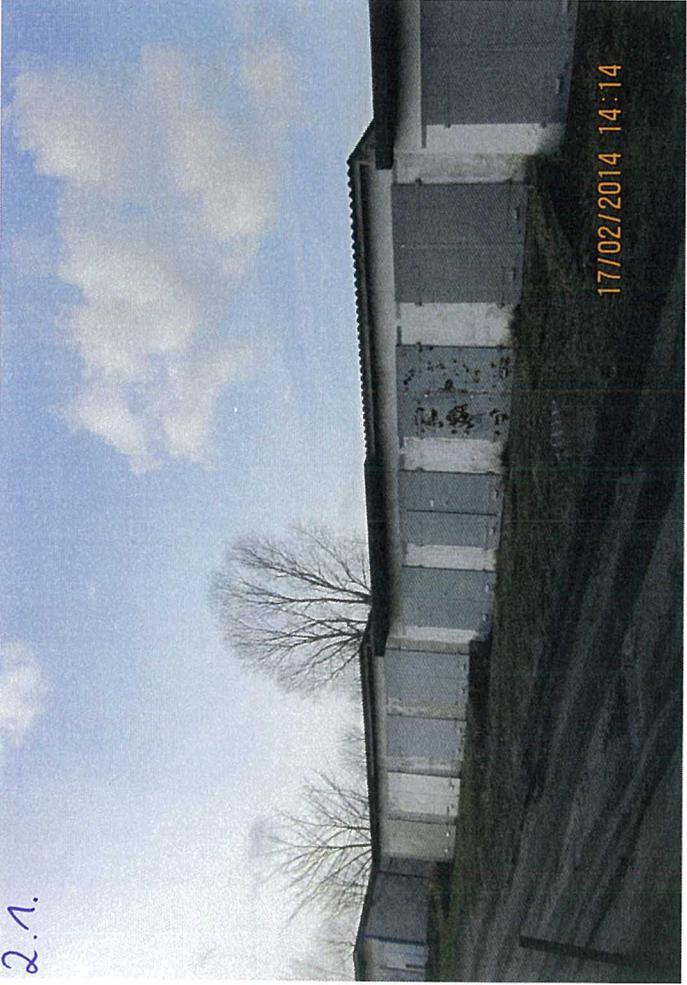
17/02/2014 14:15

2.2.



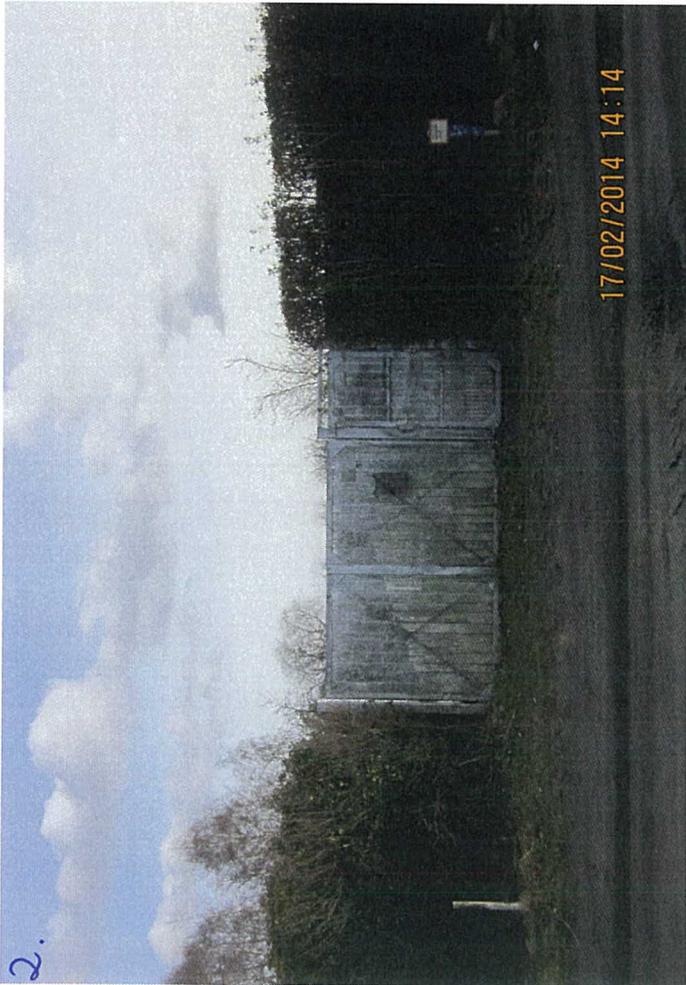
17/02/2014 14:14

2.1.



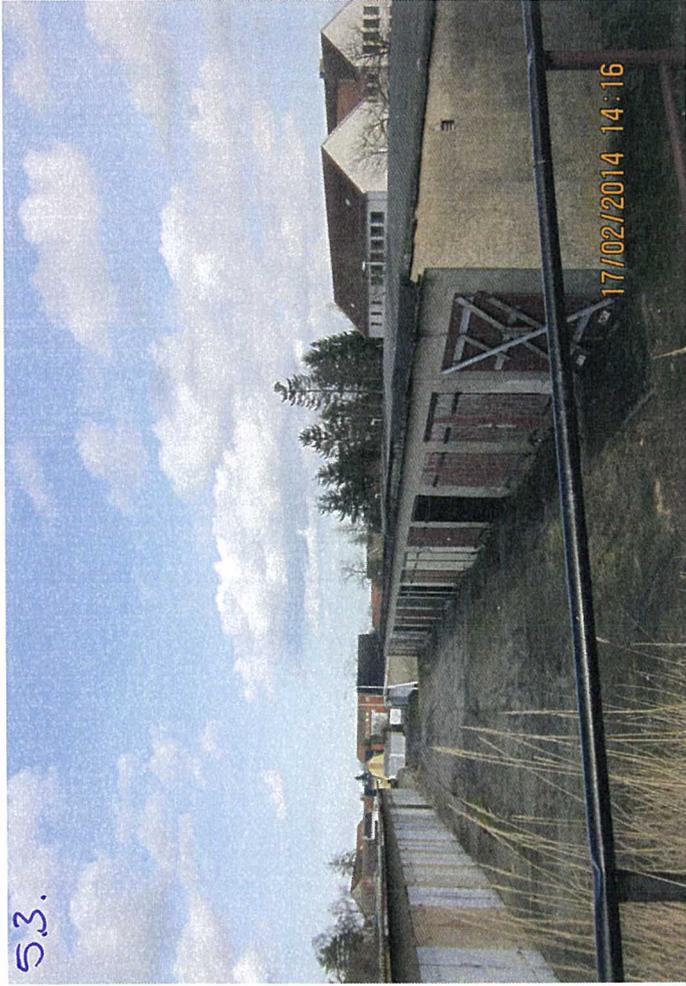
17/02/2014 14:14

2.



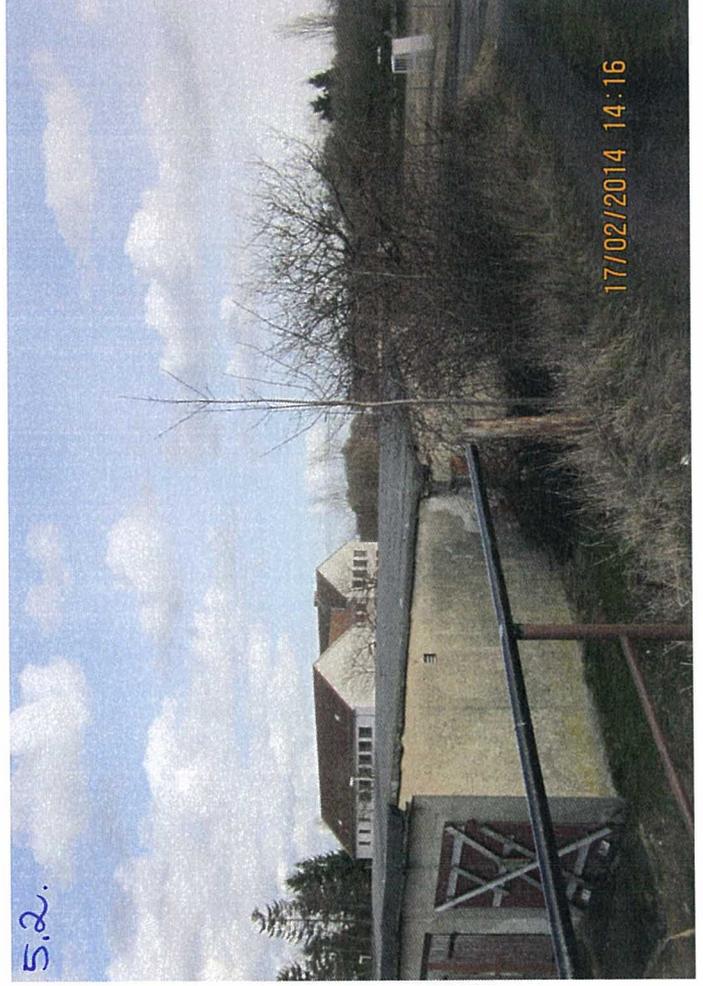
17/02/2014 14:14

5.3.



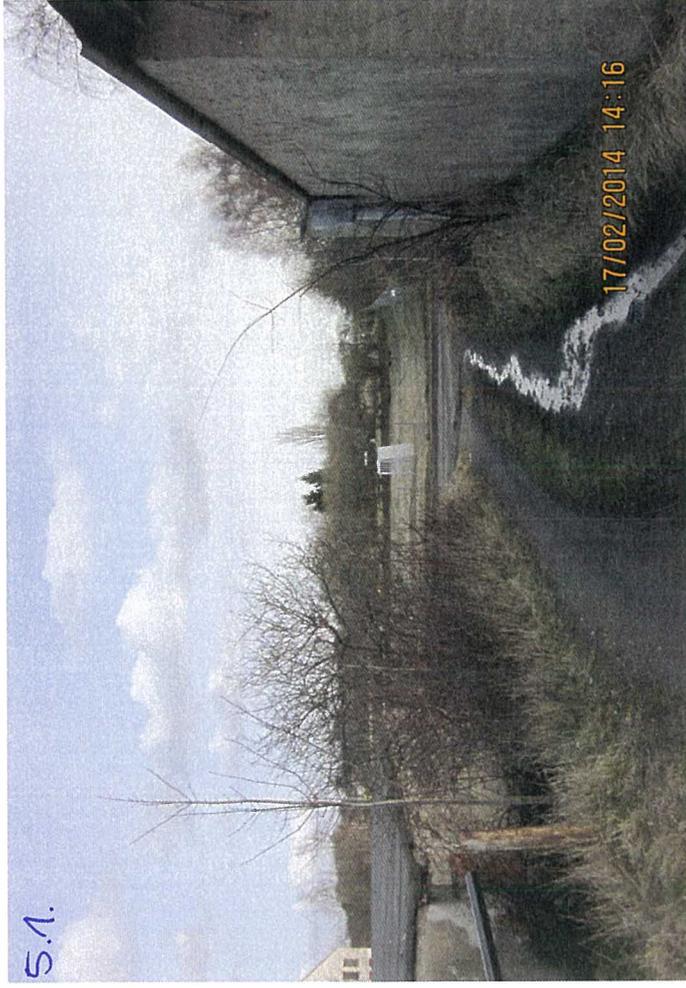
17/02/2014 14:16

5.2.



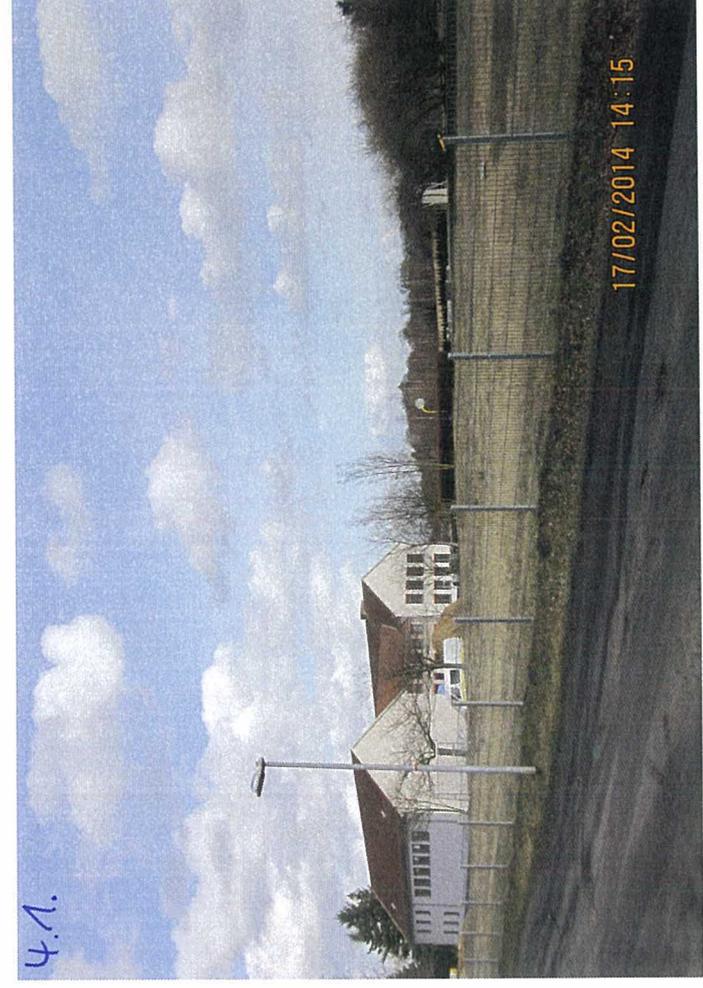
17/02/2014 14:16

5.1.

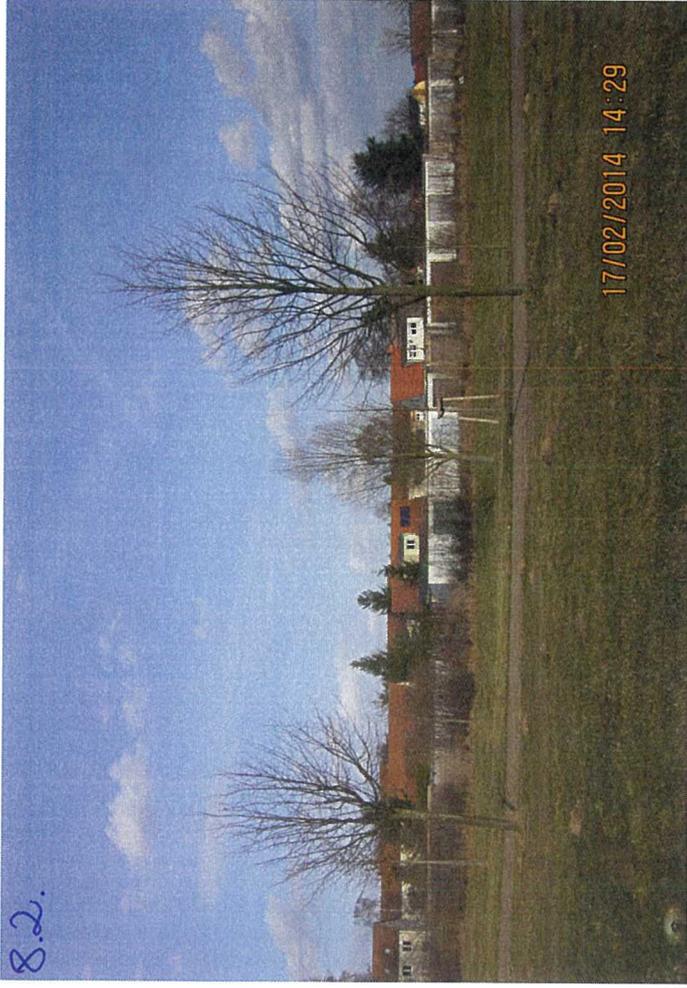


17/02/2014 14:16

4.1.

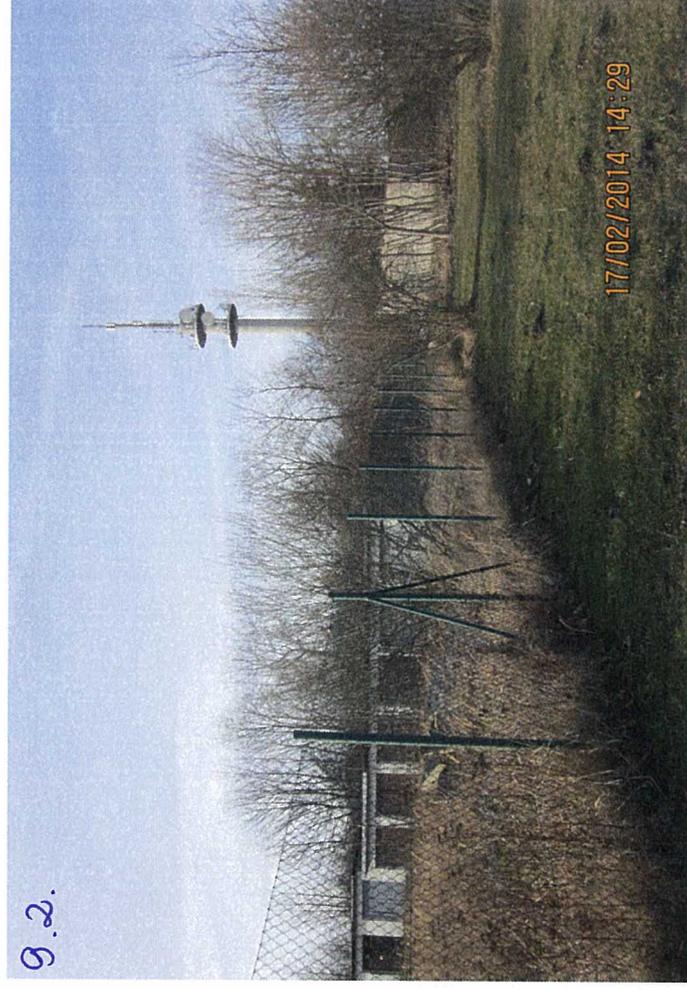


17/02/2014 14:15



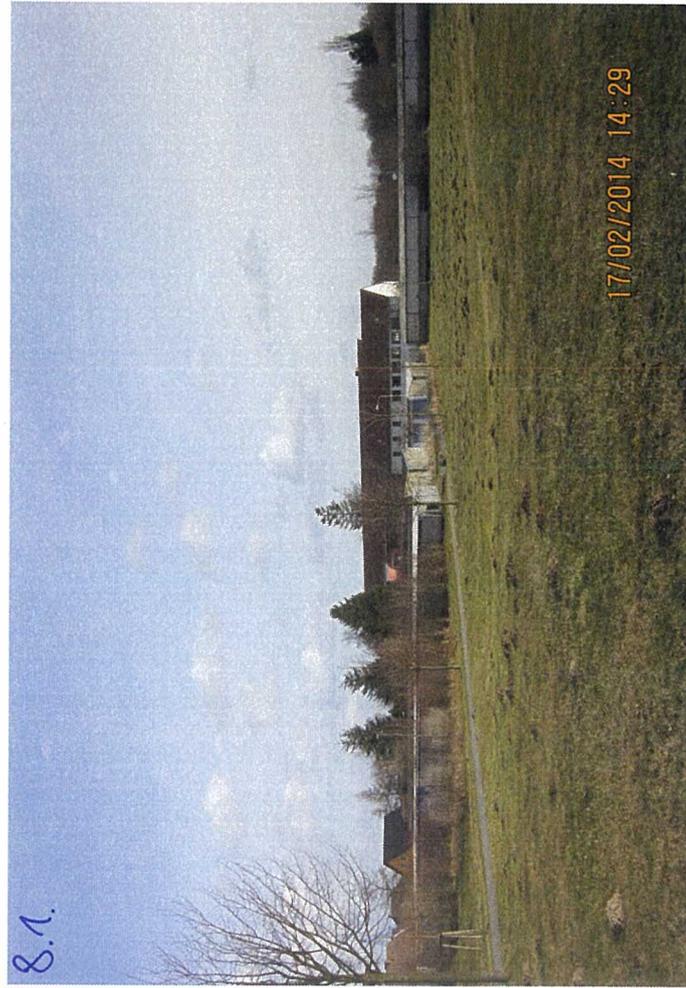
8.2.

17/02/2014 14:29



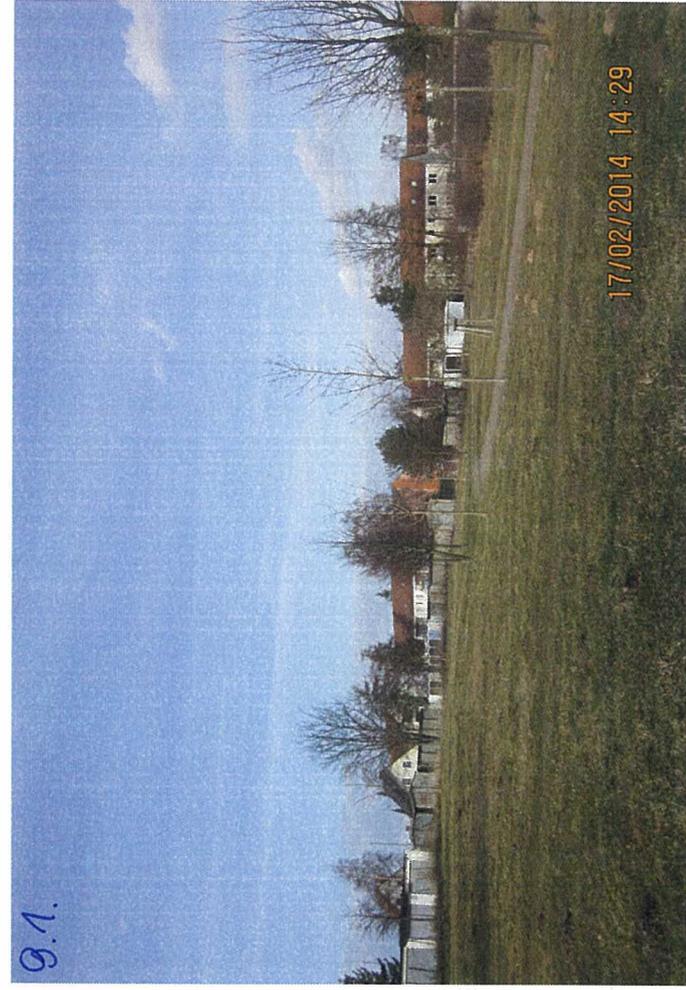
9.2.

17/02/2014 14:29



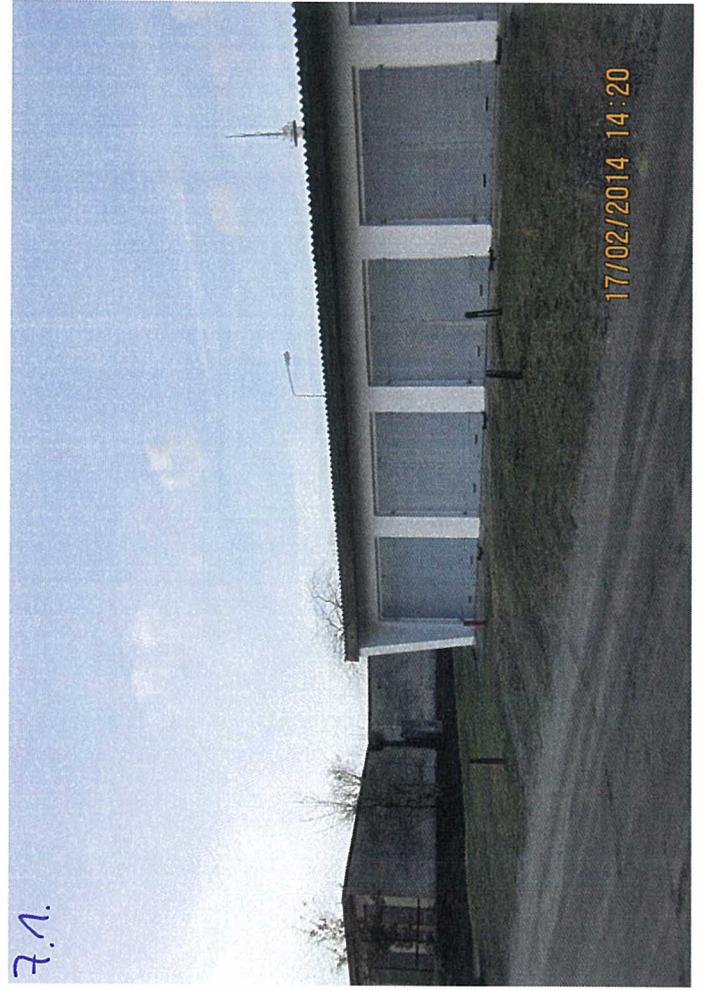
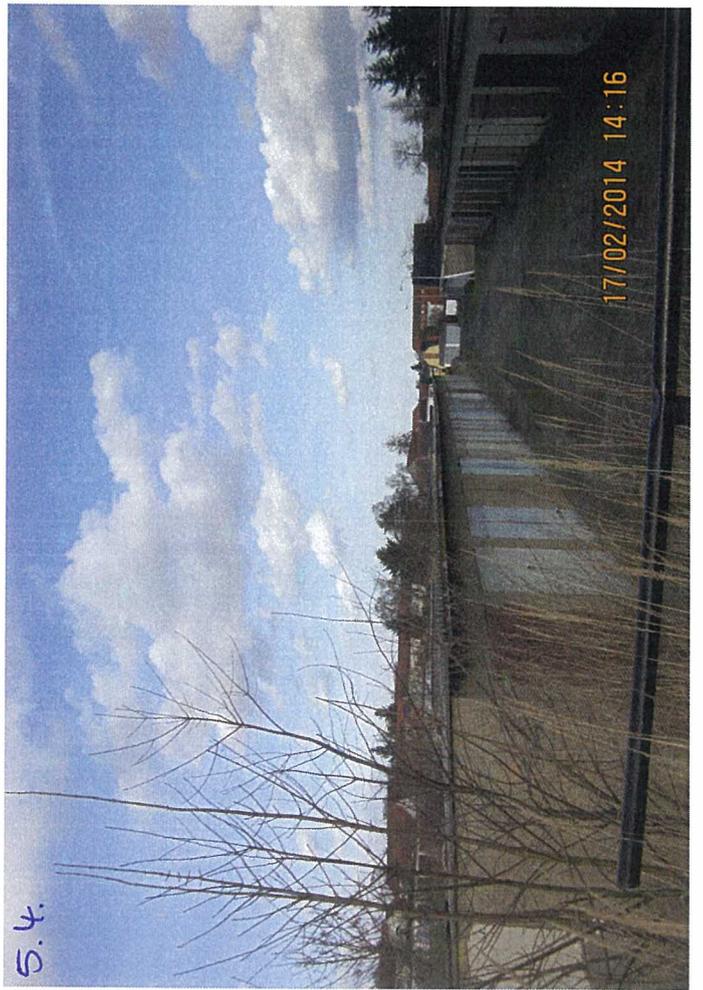
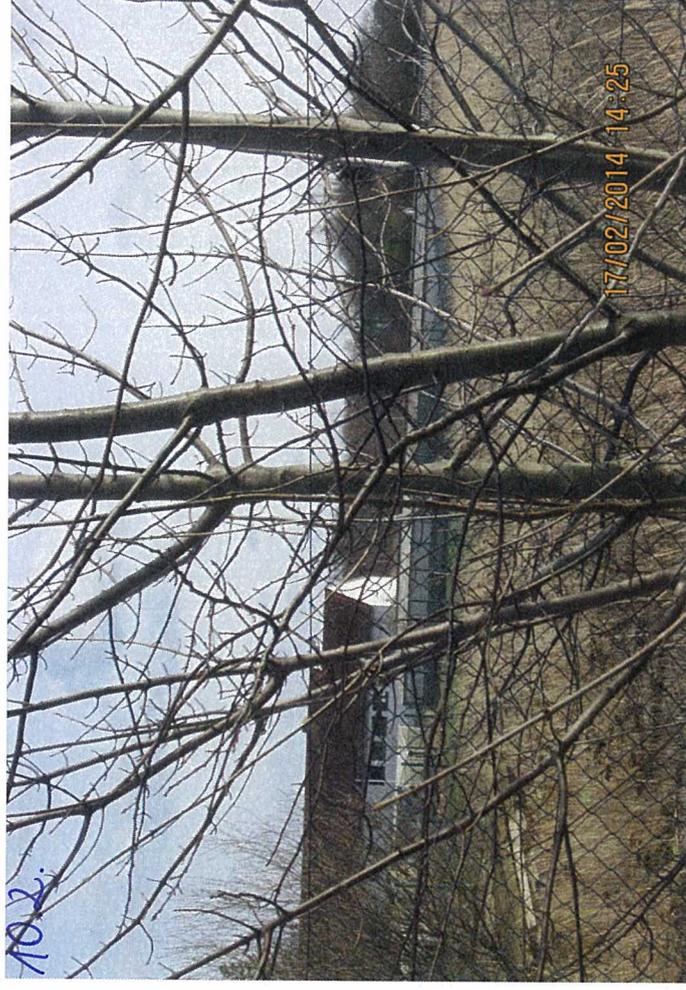
8.1.

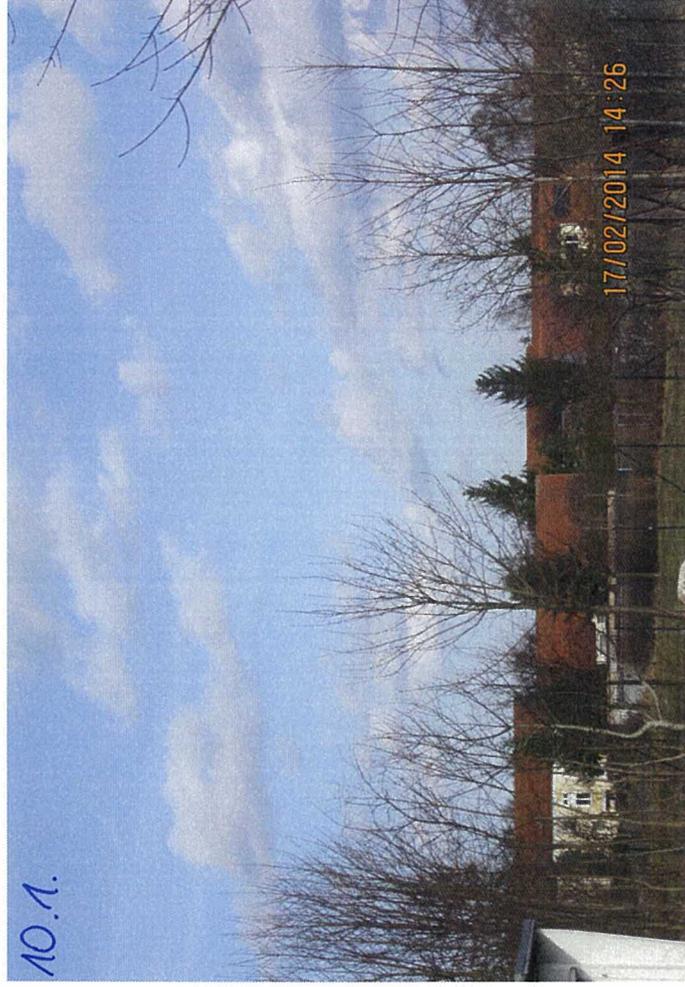
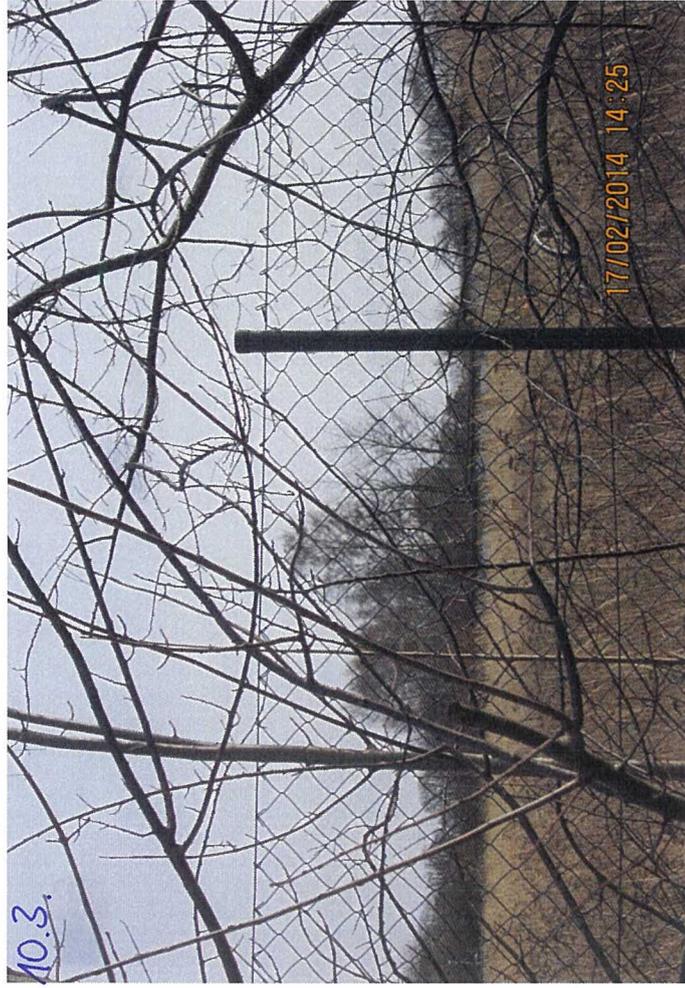
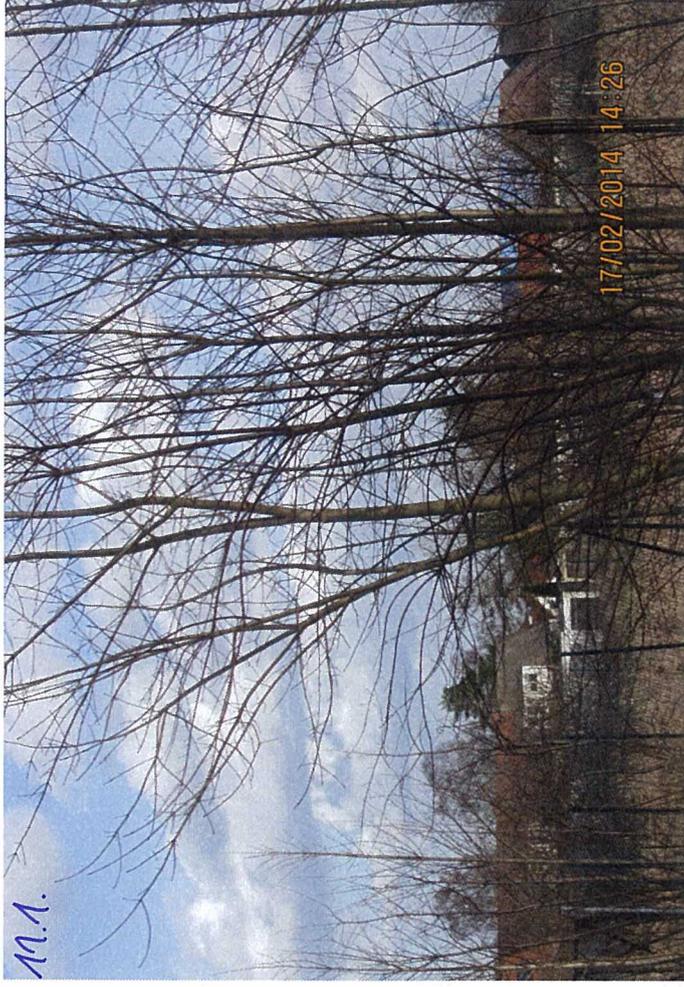
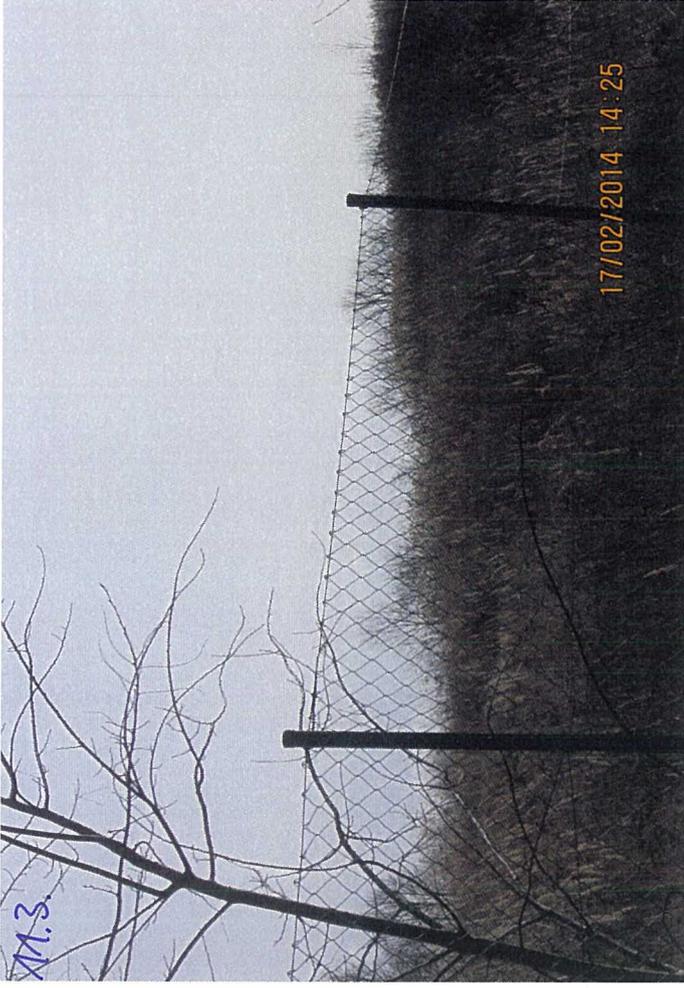
17/02/2014 14:29



9.1.

17/02/2014 14:29





9.3.

