

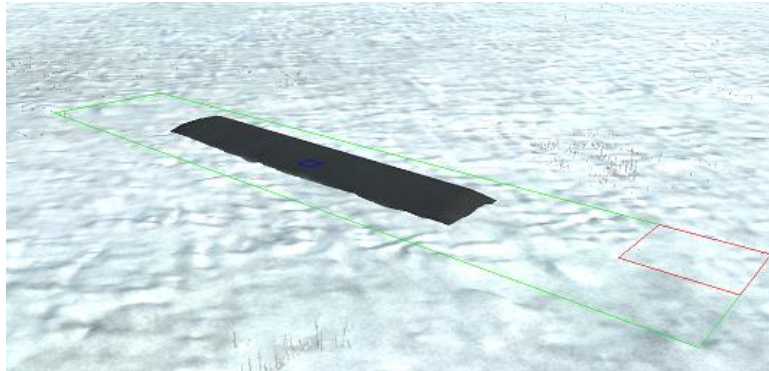
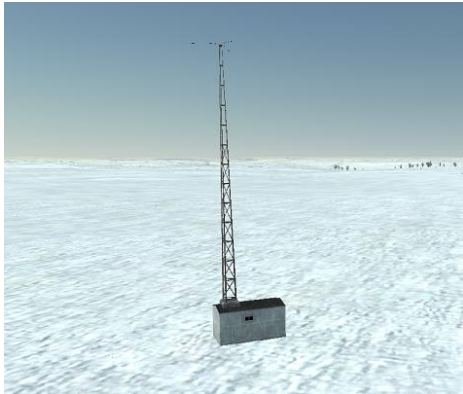
# Радиоприборы немецких бомбардировщиков в игре Ил-2 Штурмовик: Битва за Сталинград / Битва за Москву v.2.0 by Lofte, 11.07.2016

- [1. Радиоприборы и оборудование в игре БзС/БзМ](#)
- [2. Краткое описание соответствия работы радиоприборов в игре реальности](#)
- [3. «Луч Лоренца» и системы работающие на его основе](#)

## 1. Радиоприборы и оборудование в игре БзС/БзМ

Из радиоокружения в игре на 11.07.2016 моделируются следующие элементы

- 1) Наземный радиомаяк и, имеющий аналогичные свойства, «наземный знак»



- 2) Прибор Funkpeilanzeigergerät FA/R2 (здесь и далее - «радиокомпас»), устанавливаемый на самолётах He-111, Ju-88, Vf-110.



- 3) Прибор Anzeigergerät für Funknavigation AFN 2 или «радионавигационный индикатор» (здесь и далее AFN 2). В игре стоит на He-111, Ju-87.



- 4) Прибор Anzeigergerät für Funknavigation AFN 1 (аналог AFN2).  
В игре стоит на Ju-88 и Vf-110.



### Наземный радиомаяк

Радиомаяк в игре, это некий наземный элемент под условным названием в полном редакторе «nbp». Работает как обычный всенаправленный радиомаяк, т.е. радиостанция, постоянно излучающая сигналы по направлению 360 градусов. Также разработчиками по не совсем понятным причинам аналогичными свойствами радиоизлучения наделён объект, имеющий в полном редакторе наименование «land\_canvas», т.е. наземное «покрывало», которым можно выкладывать на земле различные условные знаки (например, посадочную «Т»)

Ниже перечислены особенности работы этих объектов:

а) Расстояние, на котором самолёты могут воспринимать сигнал маяка – ок 100 км (10 квадратов на карте) при вхождении в зону действия маяка извне, и ок. 110 км при выходе из зоны действия. Об особенности приёма сигнала маяка приборами на различных расстояниях будет сказано далее, в описании работы приборов.

б) Единственный уникальный параметр, который можно настроить для данного объекта в полном редакторе – это «канал маяка» - «beacon channel». Значение может быть в диапазоне от 0 до 99.

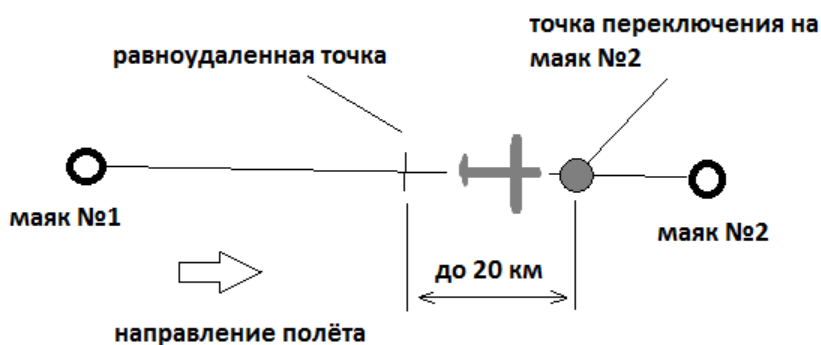
При значении «0» маяк не работает.



в) Немецкие самолёты принимают сигналы только от немецких маяков (предполагаю, что советские – только от советских, но не проверял). Советские маяки игнорируются немцами самолётами.

г) маяк, как и любой объект типа «Vehicle» можно уничтожить

д) если на карте несколько радиомаяков, то принимается тот, который ближе. Переключение с одного сигнала на другой, однако, происходит не в точке равноудалённой от обоих маяков, а ближе к тому маяку, который приближается (до 10-20 км - см. ниже). Т.е., есть некоторая «инерция» переключения.

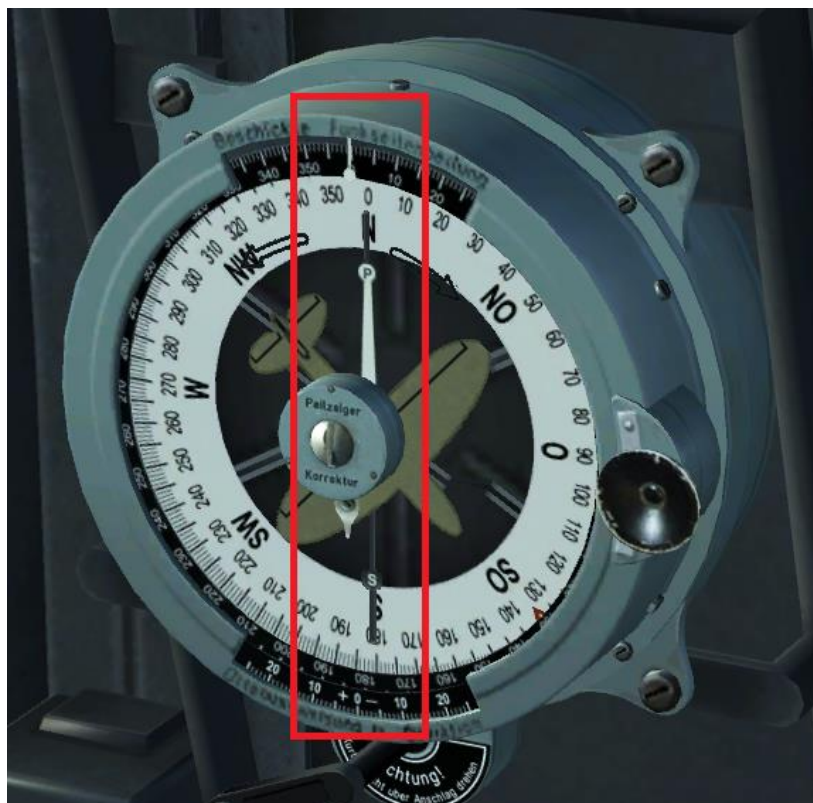


е) дальность приёма радиомаяка днём и ночью – одинакова (в игре нет «ночного эффекта», т.е. увеличения дальности приёма с одновременным падением точности сигнала в ночное время).

## Funkpeilanzeigergerät FA/R2 (или «радиокомпас»)

Прибор Funkpeilanzeigergerät FA/R2 представляет собой прибор, совмещающий показания магнитного компаса и указателя пеленга на маяк. Стоит на самолётах He-111 (в кабине пилота по правому борту), на Ju-88 (по центру и ниже панели приборов) и на Vf-110 (в кабине стрелка-радиста за спиной). Указатель выглядит как стрелка, на головную часть которой нанесена буква «Р», на хвостой части нанесена буква «S». Головная часть стрелки окрашена в белый цвет, хвостовая в тёмный (см. ниже).

Если радиоприборы самолёта не ловят ни один немецкий маяк, то стрелка буквой «Р» всегда указывает на «0» градусов, как это показано на рисунке ниже.



На пределе дальности приёма сигнала радиомаяка (ок. 100 км) стрелка совершает медленные маятниковые перемещения («туда-сюда») в пределах до  $+20$  градусов от истинного пеленга на маяк.

По мере приближения к маяку амплитуда колебаний затухает и примерно на расстоянии 30 км от маяка стрелка перестаёт колебаться и показывает точный пеленг на маяк.

Работа прибора ночью полностью аналогична работе днём.

## AFN 2

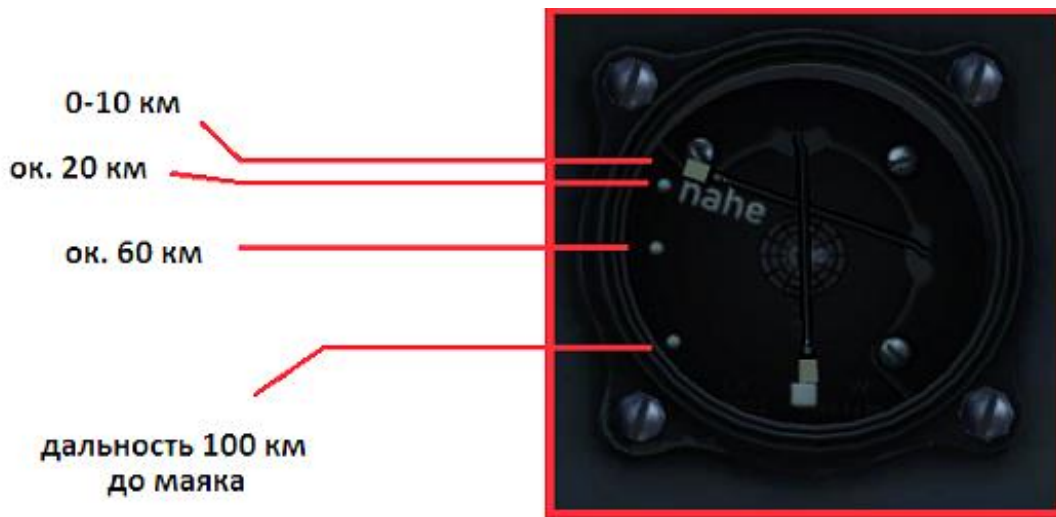
Прибор AFN 2 в игре стоит на самолёте He-111 и показывает

- а) по нижней шкале - отклонение от пеленга на радиомаяк
- б) по левой шкале - силу сигнала маяка, по которой можно оценить дистанцию до маяка.

Поведение на дальностях от 100 до 30 км до радиомаяка аналогично поведению «радиокомпаса» - отклонения влево-вправо, затухающие по мере приближения к маяку.

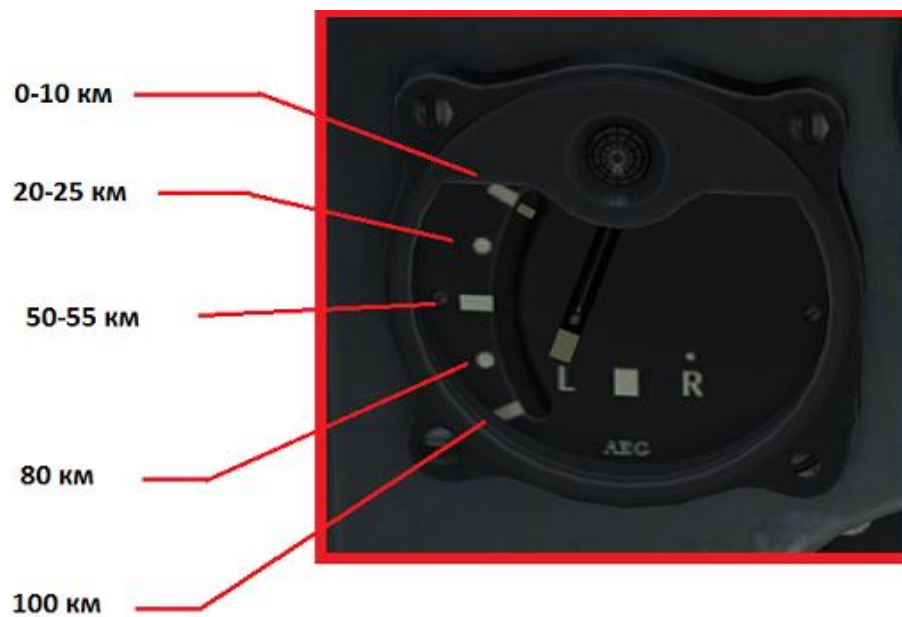
Если радиооборудование самолёта не принимает сигнал ни от одного маяка, положение указателей будет идентично изображенному ниже.

Также на изображении ниже указано примерное соответствие указателя левой шкалы и дистанции до маяка.



### AFN 1

Прибор AFN 1 в игре стоит на самолётах Ju-88 и Vf-110 и по назначению и работе полностью аналогичен прибору AFN 2. Ниже указаны показания левой шкалы прибора, примерно соответствующие дальности до маяка.



**Внимание!** Сразу хочу сказать, что приведенная далее информация может быть неточна либо неполна. Поэтому если вам есть что добавить или исправить – пишите на форуме [forum.il2sturmovik.ru](http://forum.il2sturmovik.ru) или там же в личку пользователю **L o f t e**.

## 2. Краткое описание соответствия работы радиоприборов в игре реальности.

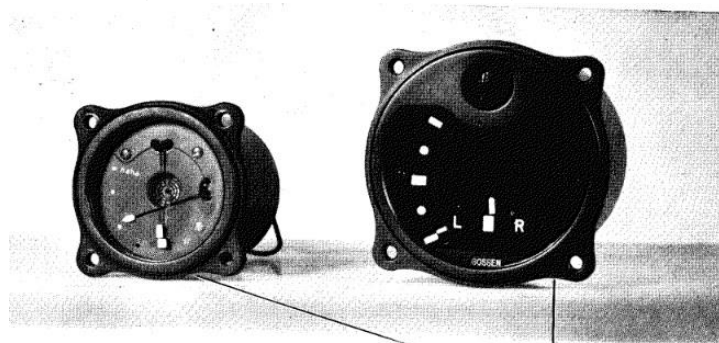
### Funkpeilanzeigegerät FA/R2

Являлся частью бортового радиокомплекса Peilgerät (PeilG) 4/5/6, т.е. радиопеленгатора с приёмником типа EZ 2 (антенна в виде кольца), EZ 4 (штырь), EZ 6 (антенна в виде плоской «крыльчатки»). Рабочие частоты 150 – 1200 кГц.

Насколько я понимаю, в основном поведение в игре близко к реальности – пеленгатор настраивался радистом на частоту маяка и устанавливал пеленг, который выдавался пилоту в виде отдельной стрелки на шкале компаса.

### AFN 1, AFN 2

В реальности прибор AFN2 появился позднее и по размеру был заметно меньше, чем AFN1. В игре сравнить размеры приборов трудно, т.к. приборы находятся в разных местах в разных самолётах, но по виду в игре размер у них примерно одинаковый (что не совсем так – см. ниже).



(AFN 2 + AFN 1)  
Abb. 38a: Anzeigeeinstrument für Navigation

Приборы AFN 1 и AFN 2 являлись частью системы индикации бортового пеленгатора PeilG 4/5/6 и одновременно являлись индикаторами системы «слепой посадки» FuBL 1/2 (Funklande-Empfangsanlage – «радиоприёмник системы слепой посадки»). Переключение между этими режимами работы осуществилось через коммутатор радиста специальными переключателями (как выглядел коммутатор от радиостанции для бомбардировщиков FuG 10 - см. ниже).

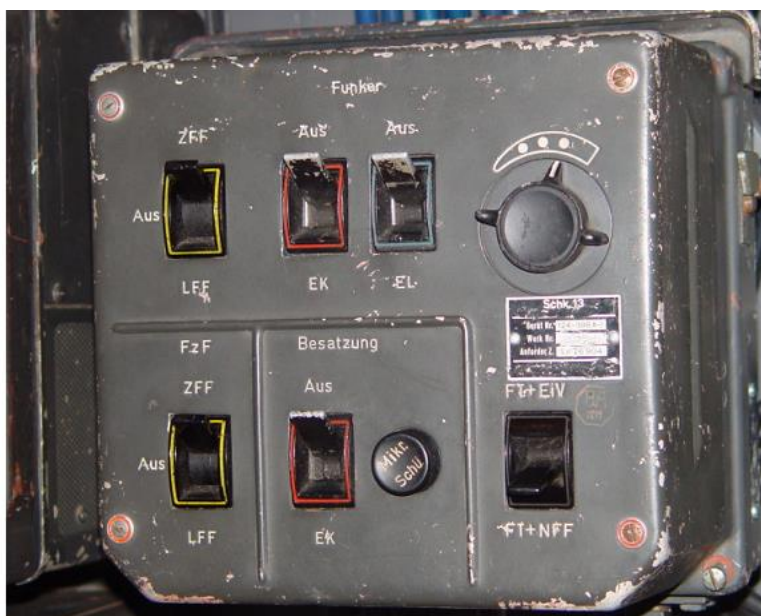
При желании этот коммутатор можно найти в игре на He-111 (в кабине верхнего стрелка ниже по правому борту), Ju-88 (в нижнем правом углу позиции верхнего стрелка), Vf-110 (в кабине стрелка-радиста).

### Schaltkasten 13 (Ящик 13)

**ZFF - "Ziel Funk Feuer" - "целевой радиомаяк" - включение режима пеленгации сигнала ненаправленного маяка**

**LFF - "Lande Funk Feuer" - "посадочный радиомаяк" - включение режима работы с "радиолучем Лоренца", т.е. с системами слепой посадки, системами наведения на цель "Кникбайн" и т.д.**

**Верхний переключатель для радиста, нижний для пилота. Среднее положение - "выкл." ("Aus")**

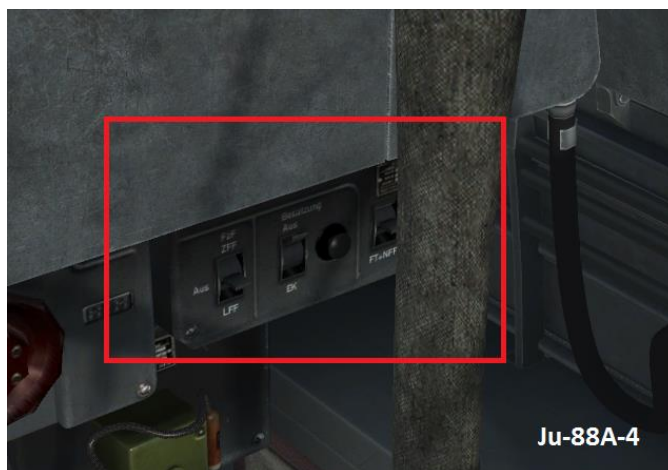


В режиме ZFF, т.е. пеленгации ненаправленного маяка, приборы ANF 1 и 2 работали так, как это есть в игре – нижняя шкала показывала отклонение самолёта от пеленга на маяк, левая – силу сигнала, по которой можно оценить дальность.

В режиме LFF, т.е. в режиме слепой посадки по «радиолучу Лоренца», т.е. направленного радиосигнала с особыми свойствами (см. далее), прибор по нижней шкале так же показывал отклонение от центра «луча», а по левой - силу сигнала, т.е. также удаление от источника излучения.

Режим LFF, к сожалению, в игре не реализован.

Также, хотя в игре приборы AFN 1 и AFN 2 всегда работают в режиме ZFF (т.е. пеленгации ближайшего радиомаяка), переключатель на коммутаторе всегда в положении «Выключено» («Aus»).

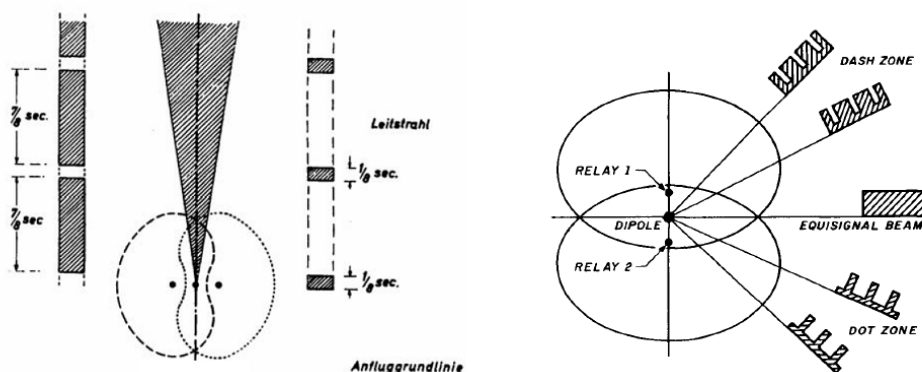


### 3. «Луч Лоренца» и системы работающие на его основе.

#### «Луч Лоренца»

Пару слов о «луче Лоренца» и системах, которые работали, используя данный «луч».

«Радиолуч Лоренца» представлял собой направленный радиосигнал, в котором можно было с помощью бортового радиооборудования самолёта выделить три зоны – центральную зону (непрерывного сигнала), зону «точек» (коротких радиосигналов) и зону «тире» (длинных радиосигналов). При этом центральная зона была настолько узкой, что её можно было использовать для самолётовождения по «лучу». Физически излучатель «луча Лоренца» представлял собой разные вариации передатчика с тремя антеннами, расположенными на одной линии, перпендикулярной направлению «луча». Взаимное наложение сигналов этих антенн в пространстве и формировало направленный сигнал или «луч». Первые опыты с направленным «лучом» были проведены в Германии ещё в 20-х годах, практическое использование данной технологии началось с начала 30-х годов в гражданском самолётовождении. Пионером в этой области стала немецкая фирма C. Lorenz AG.



Во время второй мировой войны на основе данной технологии в Германии использовалось на практике несколько наземных систем навигации и целеуказания:

- Система «слепой» посадки
- Навигационная система «Электра»/«Зонне» и др.
- Система наведения на цель «X-Герет» (или «X-устройство»)
- Система наведения на цель «Кникебайн»
- Система наведения на цель «Y-Герет» (или «Y-устройство»)
- Навигационная система «Бернард»/«Бернардин»

#### Система слепой посадки по «лучу Лоренца»

Представляла собой систему из трёх радиомаяков направленного излучения и, как уже говорилось выше, широко использовалась до войны в гражданской авиации (с частотами несколько отличными от военных).

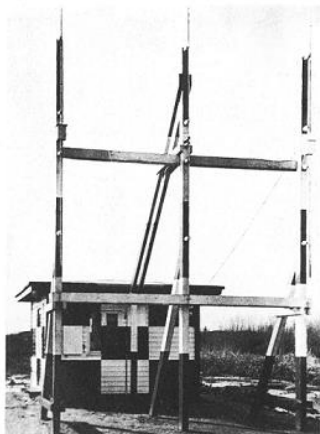
- AFF (Ansteuerungs-Funkfeuer) - ведущий или курсовой маяк мощностью 120 Вт, устанавливался у противоположного от глиссады края ВПП и на частоте 30-31,5 МГц излучал курсовой или ведущий «луч» захода на посадку.
- VEZ (Vor-Einflugzeichen) - «передний» маркерный маяк мощностью 5 Вт, устанавливался за 3000 м от начала ВПП и излучал направленный вертикально вверх сигнал на частоте 38 МГц.
- HEZ (Haupt-Einflugzeichen) - «главный» маркерный маяк, устанавливался за 300 м от начала ВПП. Частота и мощность – аналогичны маяку VEZ.

Приём сигналов маяков слепой посадки на борту самолёта выполняла система приёма сигналов слепой посадки FuBL 1 с приёмником EBI1 для приёма сигналов AFF и EBI2 - для приёма сигналов маяков VEZ и HEZ. Дальность приёма сигнала маяка AFF составляла до 30 км при высоте полёта 200 м. Сигналы от бортовой системы слепой посадки выводились на приборы AFN 1/ AFN 2, а также на наушники, что позволяло производить посадку «на слух».

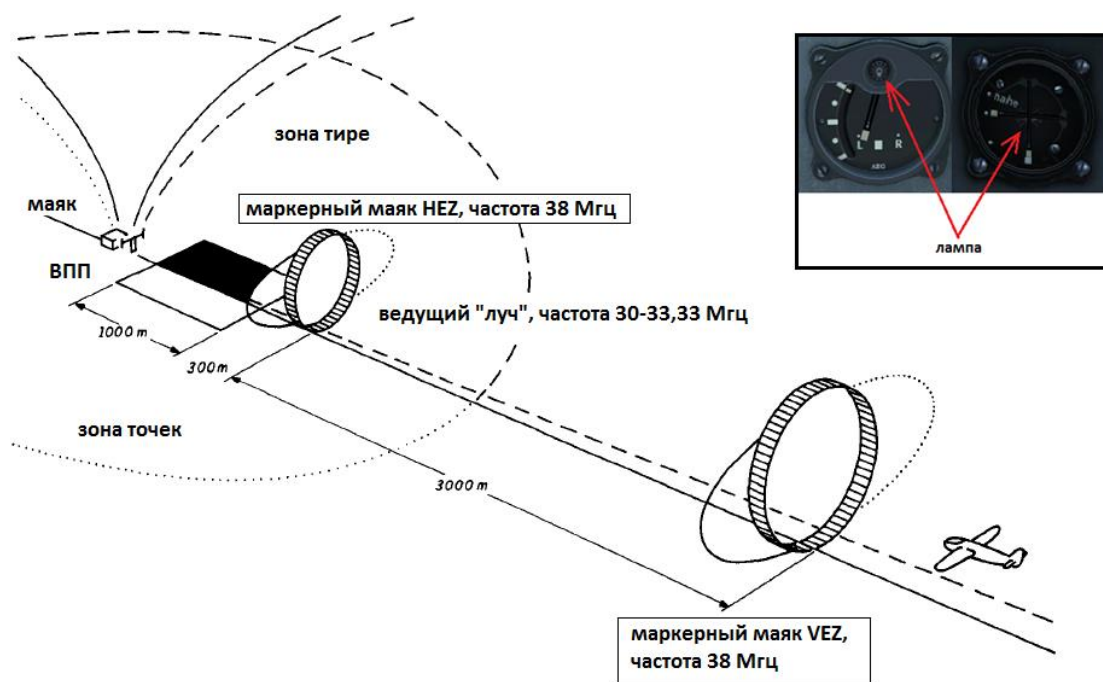
При отклонении самолёта от «луча» маяка AFF вертикальная стрелка на приборе AFN 1/2 отклонялась в ту же сторону, куда отклонялся самолёт. Пилот должен был, ориентируясь на показания прибора, всегда держать вертикальную стрелку на центральной риске, т.е. двигаться по «лучу».

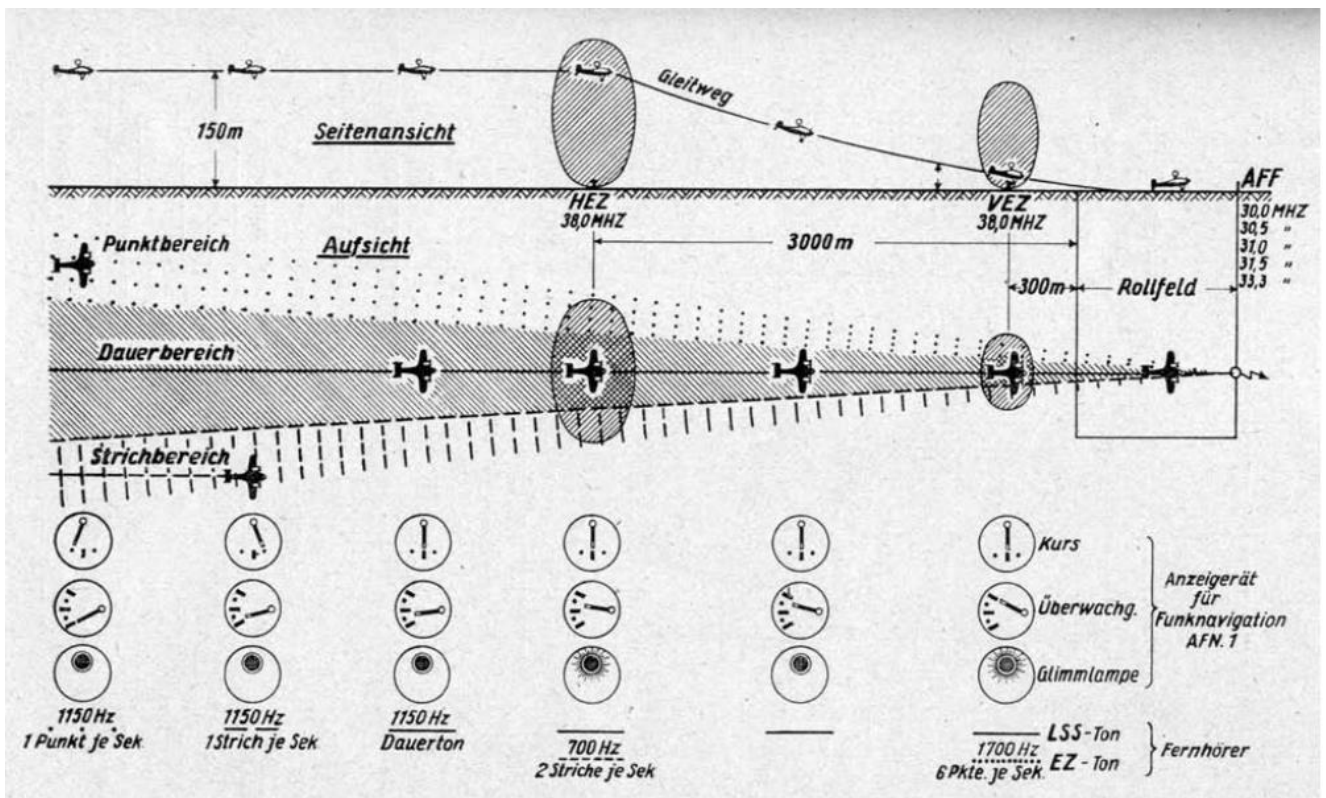
При пересечении маяков VEZ и HEZ на приборах AFN кратковременно (на время нахождения самолёта в зоне действия маркерного маяка) загоралась специальная лампа, подсказывающая пилоту, на каком расстоянии от ВПП он находится (см. ниже).

При посадке «на слух», при отклонении от направляющего «луча» влево радист слышал «точки», т.е. звуковые сигналы длительностью 1/6 секунды с паузой 7/6 секунды. При отклонении вправо от луча, радист слышал «тире» - звуки длительностью 7/6 секунды с паузой 1/6 секунды. В случае нахождения точно на курсе, радист слышал непрерывный звуковой сигнал. При прохождении маркерного маяка VEZ, радист кратковременно слышал «тире» длительностью 4/10 секунды с паузой 1/10 секунды, т.е. более «краткие», чем в зоне «тире» направляющего «луча». При прохождении маяка HEZ радист слышал «точки» длительностью 1/15 секунды с интервалом 1/10 секунды, т.е. более частые, чем в зоне «точек» направляющего «луча».



Внешний вид маяков AFF (слева) и VEZ/HEZ (справа)

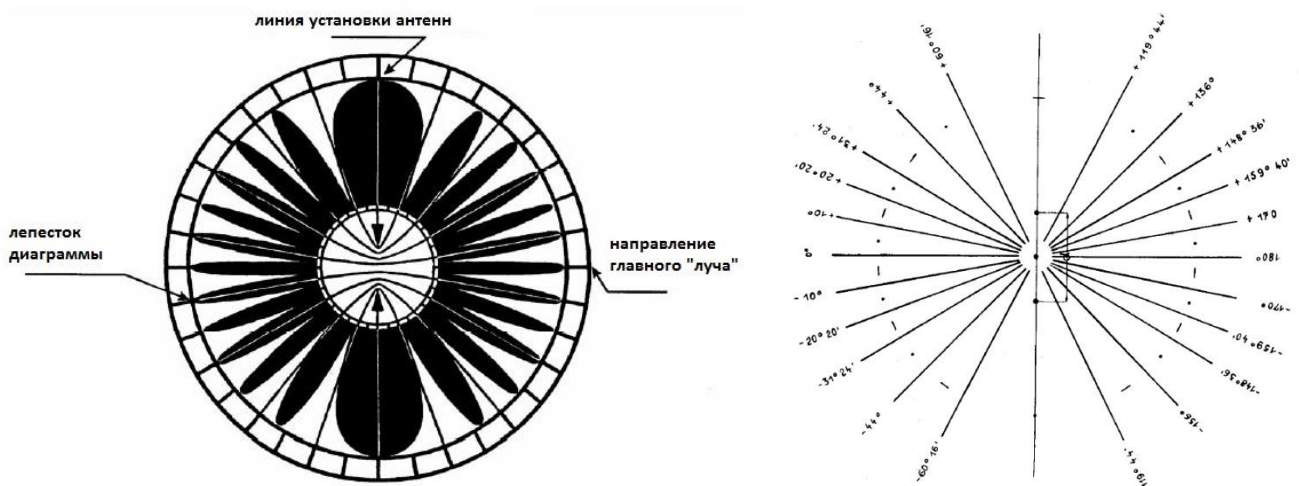




## Навигационные системы «Электра» и «Зонне»

### «Электра»

Система «Электра» (Elektra) представляла собой радиокомплекс разработки фирмы «Лоренц», состоящий из передатчика мощностью примерно 1,5 кВт и трёх радиомачт, работающий на длинных(средних) волнах, на частоте 270-480 кГц. Система создавала в пространстве неподвижную систему радиальных «радиолучей» между которыми чередовались зоны «точек» и «тире». Дальность приёма сигналов составляла от 3000 км (на море, 300 кГц) до 700 км (суша, 480 кГц).



Пример диаграммы излучения системы «Электра» (слева) и секторов зон «точек» и «тире» (справа)

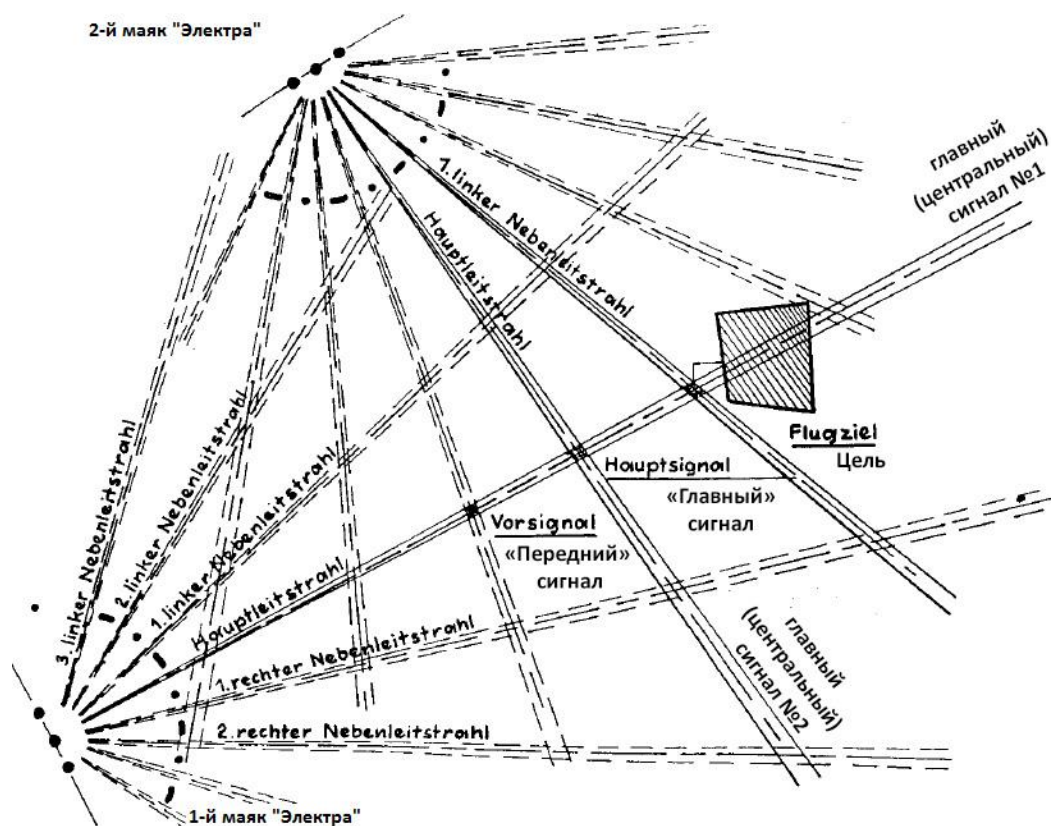
Основная выгода данной системы по сравнению, например, с обычным всенаправленным радиомаяком, состояла в том, что для грубого определения местонахождения самолёта или корабля требовался только обычный длинноволновый приёмник и не требовался пеленгатор. Сигналы принимались на слух, через наушники. Использовать сигналы системы «Электра» как основной метод определения своего местонахождения было, разумеется, невозможно. «Электра» была лишь некоторым «подспорьем» штурману, который, зная очень приблизительно свое месторасположение, мог, например, оценить в каком из секторов

«Электры» он находится. А при пересечении «луча» с непрерывным сигналом, была возможность всё там же простым длинноволновым приёмником быстро установить точный пеленг на излучатель «Электры». Принимая сигналы от 2-х маяков «Электра» можно было грубо оценить своё место на карте, а находясь в точке пересечения двух лучей местоположение можно было определить уже с довольно высокой точностью.

Кроме некоторой помощи в навигации, «лучи» «Электры» можно было использовать для полётов «по лучу» и наведения на цель. Этому благоприятствовало то, что технически «лучи» системы «Электра» могли быть «повёрнуты» без физического перемещения антенн на любой нужный угол (в пределах рабочего сектора, который составлял примерно 120 градусов). Данный «поворот» осуществлялся путём сдвига фазы излучения вспомогательных антенн, в результате чего лепестки диаграммы излучения «поворачивались» на определённый угол. Т.е., таким образом можно было навести один из «лучей» на цель. Попав в створ такого направляющего «луча», самолёт летел вдоль него, пока не пересекал другие «лучи» от другой системы «Электра». Это говорило штурману, что он приближается к цели, либо находится над ней (см. рис. далее). Разумеется, для такого полёта по «лучу» требовалось точно знать в каком «луче» летит самолёт и какие «лучи» второго маяка «Электра» пересекает. Приём сигналов «Электры» мог осуществляться длинноволновым приёмником бортовой радиостанции FuG 10 (рабочие частоты 3-6 МГц и 300-600 кГц), которые ставились на наиболее распространённые типы бомбардировщиков люфтваффе (He-111 и Ju-88).

Очевидный недостаток «Электры» как навигационной системы, заключался в том, что находясь вне «луча» с постоянным сигналом, т.е. в секторе «точек» или «тире», определить точный пеленг на маяк простым приёмником было невозможно. Поэтому маяки «Электра» часто использовались просто как всенаправленные маяки и пеленг на них определяли бортовым пеленгатором. Этот недостаток был устранён в дальнейшем развитии системы «Электра» - системе «Зонне» («Sonne» - нем. Солнце).

Вторым крупным недостатком системы «Электра», присущим всем системам подобного рода, было падение точности определения пеленга в ночное время (ночной эффект). Точность определения пеленга ночью составляла всего около 2...2,5 градуса, в то время как днём она составляла 0,08...0,14 градуса.



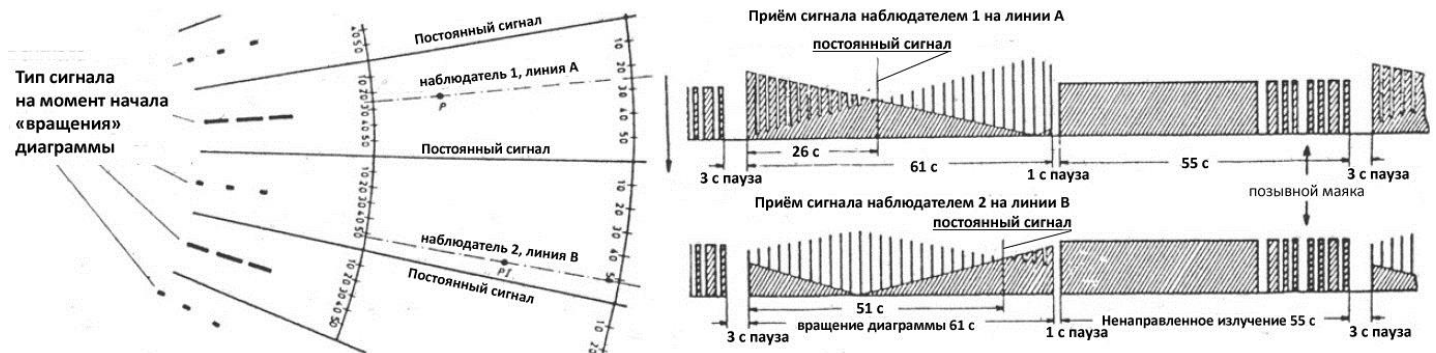
Заход на цель с помощью системы «Электра». Главный или центральный «луч» первой системы «Электра» играл ту же роль, что и маяк AFF системы слепой посадки, первый правый «луч» второй системы «Электра» играл роль маяка VEZ, а главный «луч» - маяка HEZ. Пересечение первого левого «луча» говорило, что самолёт заходит в целевую зону.

## «Зонне»

Система «Зонне» являлась дальнейшим развитием системы «Электра». Основное отличие системы «Зонне» от «Электры» – равномерное медленное «вращение» диаграммы излучения с постоянной угловой скоростью. Выше было указано, что диаграмма лучей «Электры» могла поворачиваться на произвольный угол электронным способом. В системе «Зонне» данное вращение было постоянным. Один «лепесток» диаграммы при этом в течение примерно 1 минуты проходил угловое расстояние равное углу между ним и соседним «лепестком». После этого маяк излучал всенаправленный сигнал с позывным, далее следовала пауза, и всё повторялось заново. Таким образом, в момент «поворота» диаграммы самолёт или корабль постоянно принимал сигнал вида: «точки – постоянный сигнал – тире», либо «тире – постоянный сигнал – точки». В случае, если на момент начала очередного излучения с «вращением» наблюдатель находился в зоне постоянного сигнала, то принимался сигнал вида «постоянный сигнал - точки», либо «постоянный сигнал - тире». Ключевым моментом в этой системе было то, что количество точек или тире до момента начала приёма постоянного сигнала точно соответствовало конкретному положению наблюдателя в зоне соответственно точек или тире. Иными словами, простым подсчётом числа сигналов до наступления постоянного сигнала можно было установить пеленг на маяк. Для преобразования числа сигналов в пеленг существовали специальные навигационные карты.

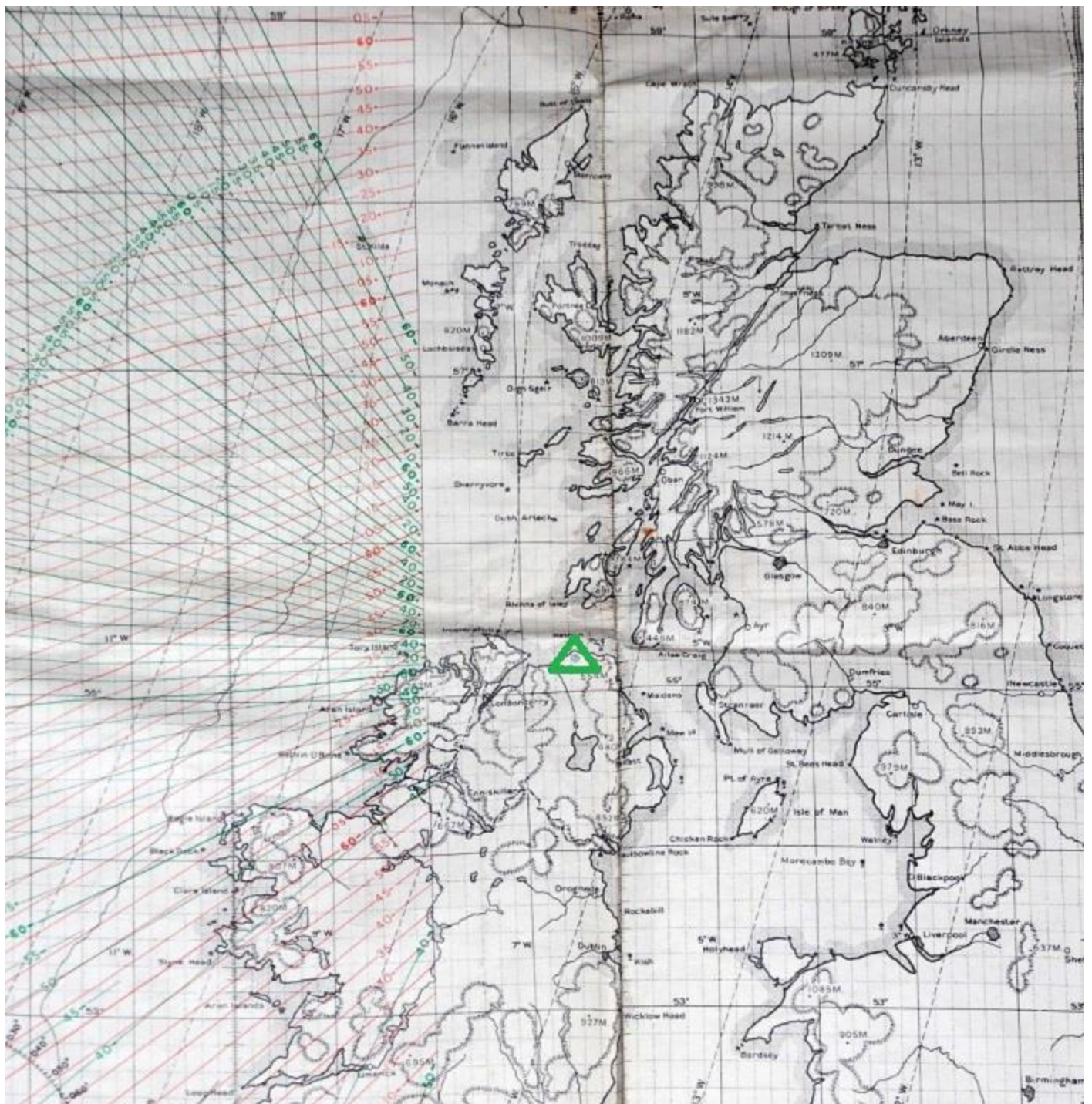
Рисунок ниже показывает, каким образом определялся пеленг на маяк «Зонне» для двух наблюдателей 1 и 2. Например, наблюдатель 1 сначала настраивал приёмник на определённую частоту (она заранее могла быть неизвестна) и по позывному идентифицировал маяк. Далее «ловил» момент 3 сек паузы, что служило сигналом приготовиться к подсчёту «точек» или «тире». Далее следовали «тире», сначала громко потом всё тише и тише, пока не начинал приниматься постоянный сигнал, после чего слышались «точки» (сначала тихо, потом громче и громче). До момента начала приёма постоянного сигнала наблюдатель 1 должен был подсчитать число сигналов. В данном случае это число 26 (1 сигнал в секунду). То, что после 3 сек паузы вначале принимались «тире», говорит наблюдателю, что он находится в зоне «тире».

Зная приближённо (грубо) своё местоположение, наблюдатель 1 по специальной карте привязывался сначала к тому или иному сектору излучения маяка, в данном случае сектору «тире». Далее, зная, что до наступления постоянного сигнала прошло 26 секунд, также по специальной карте устанавливался пеленг на маяк с точностью примерно 1 градус.



Всего во время войны немцами использовалось ок. 7 маяков типа «Электра» и 12 маяков типа «Зонне». В основном данные маяки строились вдоль Атлантического побережья, но несколько использовались на Восточном фронте. Так в послевоенном отчете генерала люфтваффе Морцика упоминается об установке «Электра» в Запорожье, а в книге «Kampfgeschwader 55 Greif» В.Дириха упоминается об использовании на Восточном фронте установок «Зонне», одна из которых находилась в районе Варшавы (вероятно, «Зонне 7»), а вторая – в районе Даугавпилса (Дюнабург).

Благодаря чрезвычайной простоте использования, маяки типа «Зонне» в виде их точной копии - маяков «Консоль» использовались вплоть до 90-х годов XX века, т.е. вплоть до наступления эры GPS-навигации. В 1961 г. по всему миру насчитывалось девять станций «Зонне» (или «Консоль»/«Консолан»), из них две на территории СССР.



Фрагмент послевоенной навигационной карты, с пеленгационными линиями для двух маяков типа «Консоль» («Зонне»). Красные линии – маяк в Ставангере (Норвегия), зелёные линии – маяк в Буш Миллз (Северная Ирландия, обведён зелёным треугольником). Для маяка Буш Миллз хорошо видны сектора «точек» и «тире».

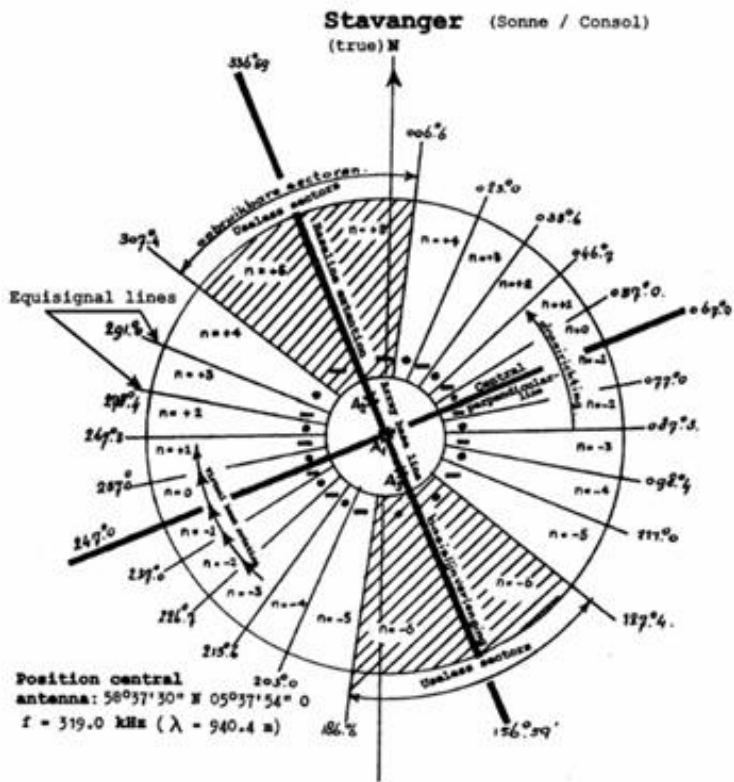
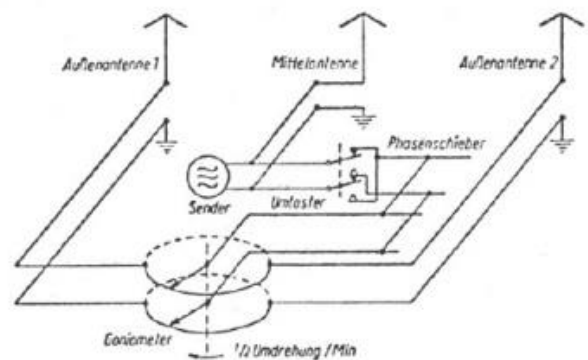
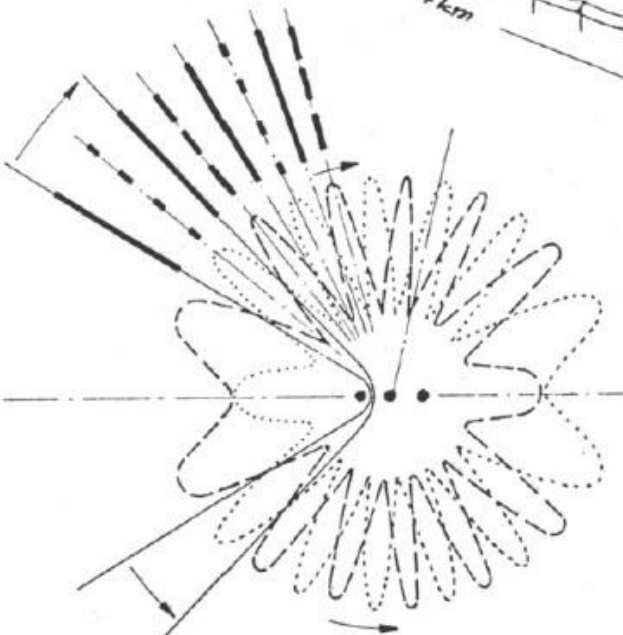
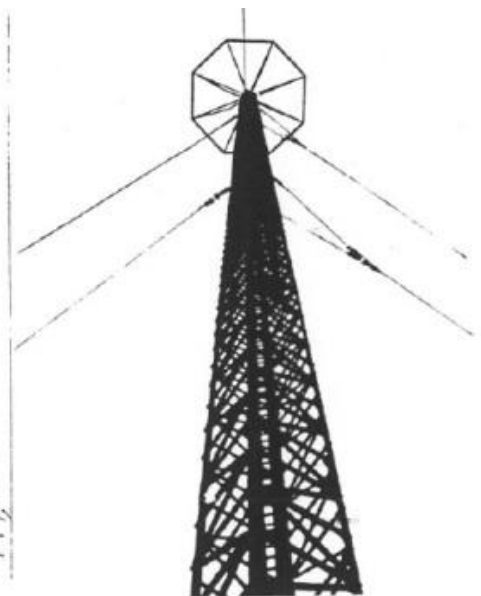
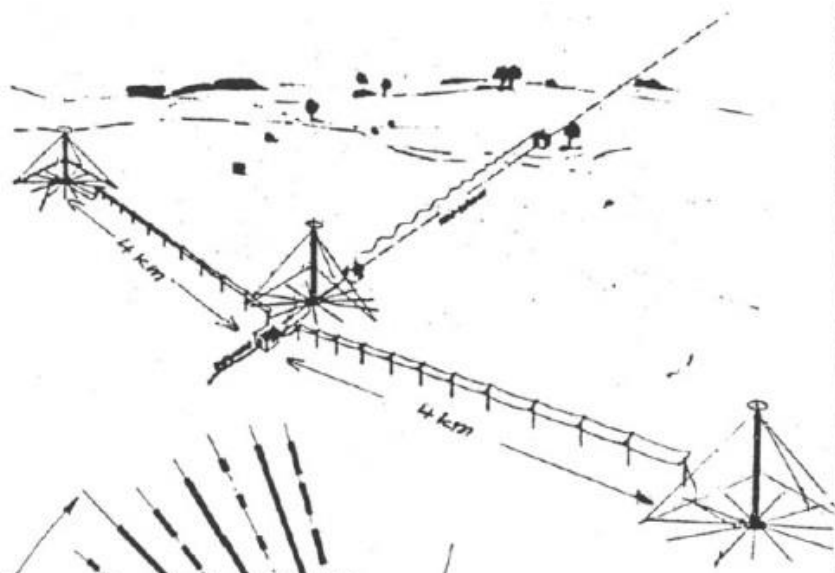


Схема работы маяка типа "Зонне" в Ставангере S1 (E1)  
 Рабочие сектора:  
 186,6 - 307,4 град  
 006,6 - 127,4 град



Общий вид передающих антенн, схема наложения электромагнитных полей и схема передатчика системы «Электра»/«Зонне»

## Система наведения на цель «Вотан 1» («Wotan I») или «X-Герет» (X-Gerät / X-verfahren)

Система «X-Герет» (т.е. «X-устройство»), представляла собой систему радиоцелеуказания с помощью нескольких «радиолучей». Один из «лучей» выполнял роль ведущего или направляющего, а остальные являлись маркерными «лучами», по которым определялось расстояние до цели и путевая скорость, что позволяло осуществить точное «слепое» прицеливание. Разработка данной системы велась с 1933 г. после того как выяснилось, что излучение направляющего «луча» системы слепой посадки можно «удлинить» на сотни километров если использовать антенны соответствующих размеров, излучение большой мощности и расположить приёмник как можно выше (например, на летящем на высоте 6000 м самолёте).

Наземное оборудование «системы X» состояло из нескольких излучающих антенн «Вотан I» («Wotan I»), работающих в УКВ диапазоне 66...77 МГц, которые создавали в пространстве диаграмму излучения наподобие «лучей» системы «Электра». В качестве ведущих и маркерных «лучей» использовались «главные» «лучи» непрерывного сигнала, наиболее близкие к перпендикуляру диаграммы излучения (см. ниже).

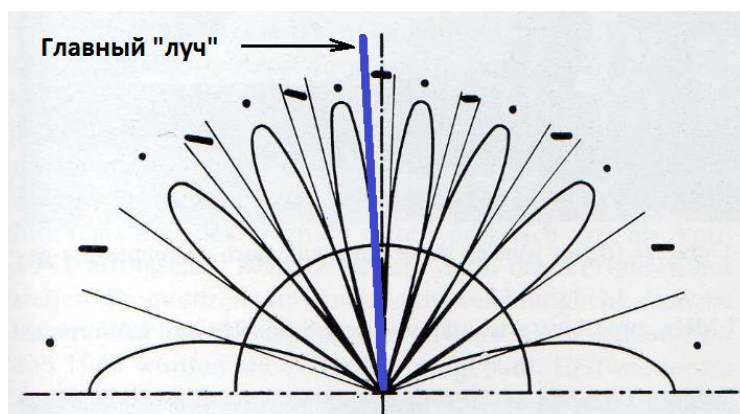


Диаграмма излучения антенны «Вотан I». Использовался «луч», находящийся чуть левее перпендикуляра к диаграмме излучения (отмечен синим).

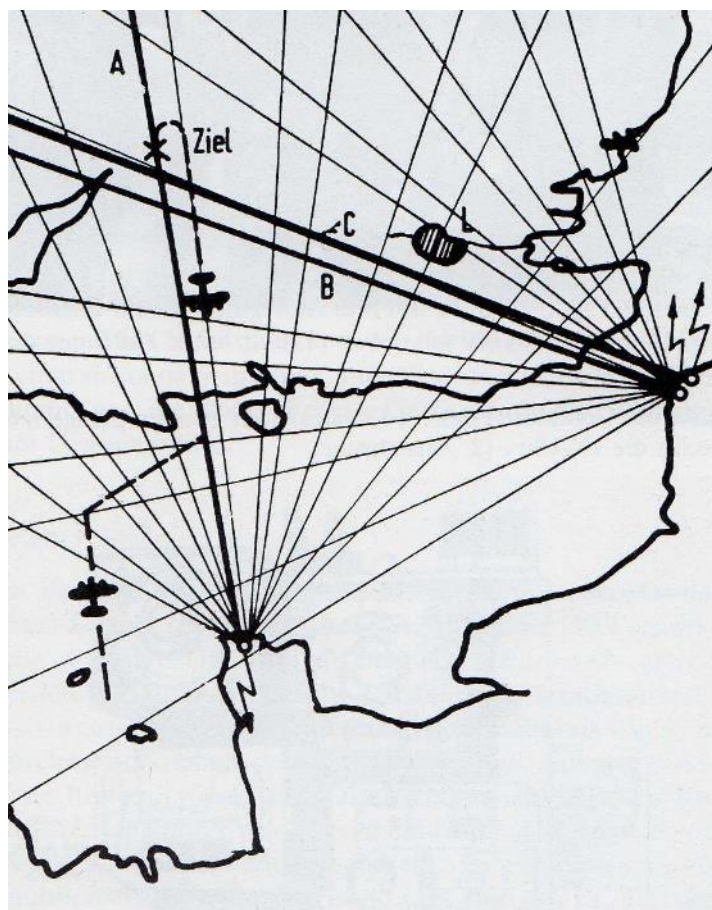
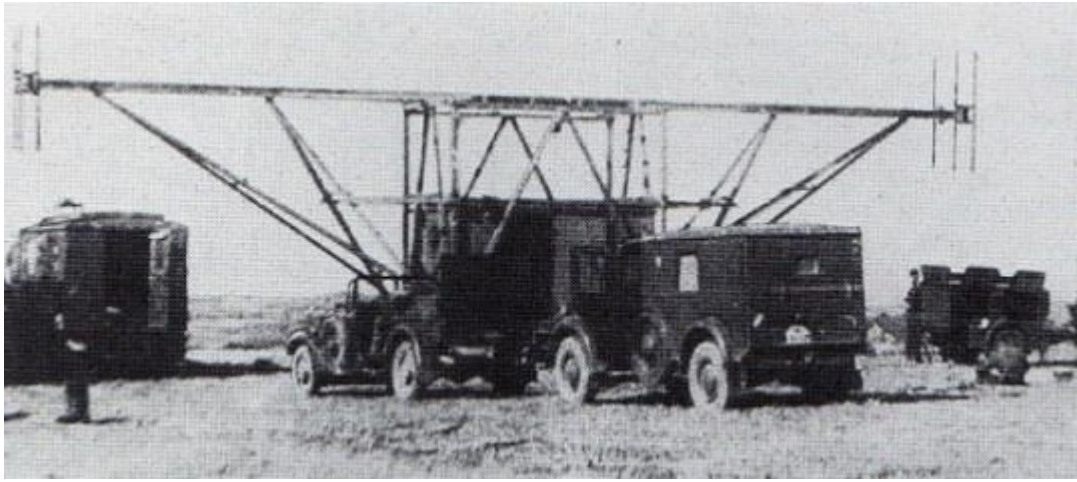


Схема излучения нескольких антенн «Вотан I».

Луч А использовался как ведущий или курсовой. Лучи В и С использовались как маркерные



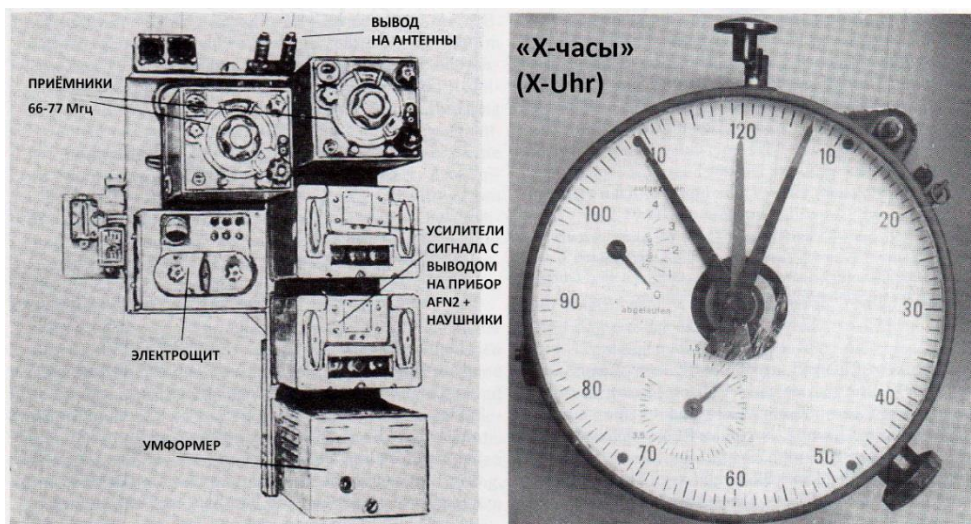
Антенна «Вотан I» в районе Кале, Франция



Антенна «Вотан I» (модель из игры «Битва за Британию»)

Бортовое оборудование системы «X-Герет» ставилось на самолёты He-111H и состояло из:

- 1) Двух 66-77 МГц приёмников «Анна» фирмы «Телефункен» с вспомогательным оборудованием (см. ниже). Один из приёмников настраивался на частоту ведущего «луча», второй на частоту маркерного.
- 2) Двух антенн от приёмников «Анна» на фюзеляже
- 3) Т.н., «X-часов» - специального устройства, напоминающего будильник, с 3-я большими стрелками, 2-я малыми стрелками предназначенного для расчёта путевой скорости по маркерным лучам. Завершение отсчёта «X-Часов» было сигналом для сброса бомб. По сути, «X-часы» были ни чем иным как автоматом прицельного сброса бомб, заменяющим обычный бомбардировочный прицел (BZG, Lotfe и др.) в слепом полёте по радиолучу.
- 4) Штатных устройств для визуальной (AFN2) и аудиофиксации (наушники) нахождения самолёта на курсе (в створе ведущего «луча») и пересечения маркерных «лучей»



Бортовое оборудование системы «X»

В общих чертах наведение на цель осуществлялось следующим образом.

Самолёт, оборудованный устройствами системы «X-герет» настраивался первым приёмником на волну ведущего «луча», а вторым приёмником – на волну маркерных «лучей». Далее, самолёт заходил в створ ведущего «луча», для чего радиостом подсчитывались зоны точек и тире, которые пересекал самолёт от момента взлёта до пересечения с нужным «лучом». Попадание в створ фиксировалось визуально через AFN2 (нижняя шкала) и наушники (непрерывный сигнал). Контролируя себя по прибору AFN2 и наушникам, экипаж держался в створе ведущего луча.

На определённом расстоянии от цели (порядка 30 км) самолёт пересекал первый маркерный луч, что фиксировалось визуально через прибор AFN2 (по левой шкале и зажжённой лампе) и через наушники, подключённые ко второму приёмнику (непрерывный сигнал). Это событие служило сигналом пилоту максимально точно держаться в створе ведущего луча, а штурману приготовиться к запуску «X-часов» и атаке цели. Далее следовало пересечение второго маркерного «луча» (обычно ок. 18 км до цели), одновременно с этим штурман запускал «X-часы», на которых начиналось движение черной и зелёной стрелок.

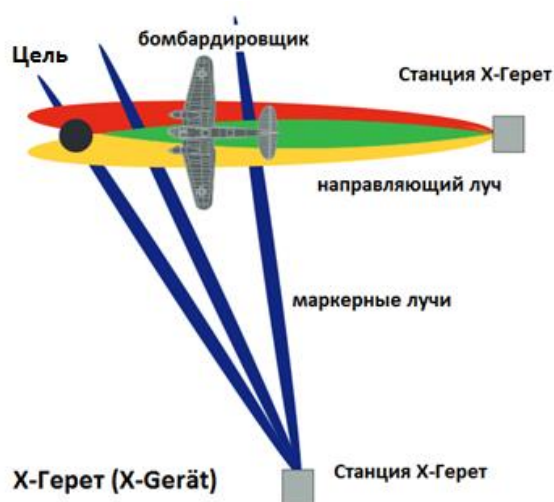
Предварительно, до включения «X-часов», осуществлялось два действия.

1) на малой нижней шкале «X-часов» выставлялось т.н. «путевое соотношение» - параметр, вычисляемый ещё до взлёта по специальным таблицам (и указывавший, во сколько раз скорость вращения зелёной стрелки будет быстрее, чем скорость движения обычной секундной стрелки).

2) вычислялось время падения бомб, и на это количество секунд черная стрелка поворачивалась против часовой стрелки (влево).

После пересечения второго маркерного луча штурман останавливал движение черной и зелёной стрелок и одновременно, с обычной скоростью, запускалась красная стрелка.

В момент совпадения положения черной и красной стрелок автоматически производился сброс бомб.



Один из «хейнкелей» He-111H-3 эскадры «маркировщиков цели» KG 100 после жесткой посадки.

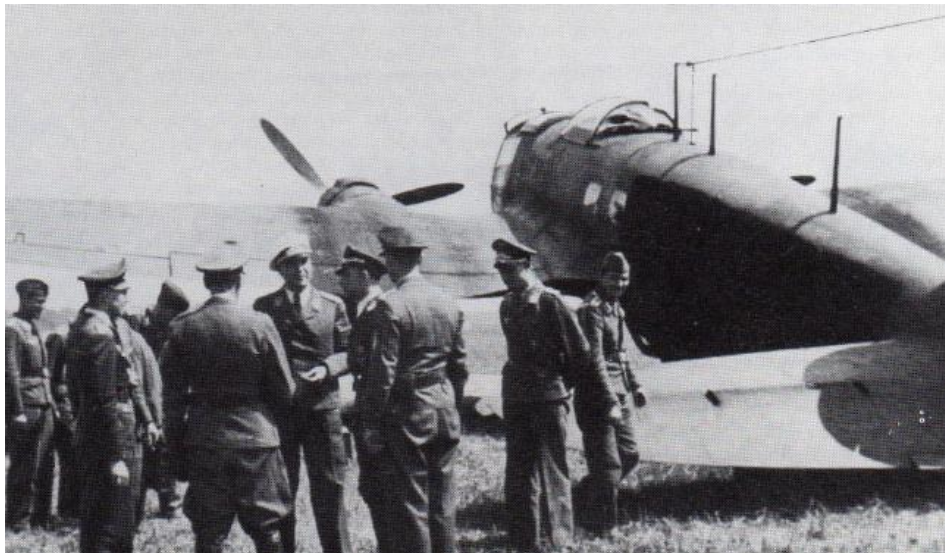
Хорошо видны три радиомачты, две из которых обслуживали два приёмника системы «X».

Дальность работы системы «X» составляла по разным оценкам от 300 до 500 км для высоты полёта 6000-7000 метров.

Испытания системы «Х-Герет» были начаты в 1935 г., первое боевое использование произошло 4 сентября 1939 г. при налёте на польский город Пальмиры (недалеко от Варшавы).

Наиболее известным использованием системы «Х-Герет» стал ночной налёт 14 ноября 1940 г. на Ковентри (Англия). Тринадцать специально оборудованных системой «Х-Герет» самолётов He-111Н-3 из 100-й бомбардировочной эскадры (KG 100) точно вышли на цель, сбросив маркерные бомбы. После этого около 500 бомбардировщиков люфтваффе уничтожили или повредили 2/3 города.

К апрелю 1941 г. эффективность системы «Х-Герет» упала из-за мер противодействия англичан, которые научились «подделывать» маркерные «лучи».



Офицеры люфтваффе рядом с He-111Н-3, оборудованного системой «Х-герет»

Всего было построено ок. 20 наземных установок системы «Х-герет» и около 100 комплектов бортового оборудования. Количество самолётов, оборудованных приборами системы «Х-герет» составляло всего около 25 единиц, все они находились в испытательной эскадре KG 100. Причины, по которым система «Х» не получила широкого распространения – сложность использования и необходимость долгого обучения экипажей, низкая помехозащищённость что в итоге привело к падению эффективности и утрате доверия руководства люфтваффе к данной системе наведения на цель.

### **Система наведения на цель «Кникебайн» («Knickebein»)**

Система «Кникебайн» была предложена фирмой «Телефункен» как более простой способ «слепого» бомбометания по сравнению с системой «Икс-Герет» («X-Gerät»), которая на момент начала «Битвы за Британию» летом 1940 г. была ещё в стадии доработки и испытаний.

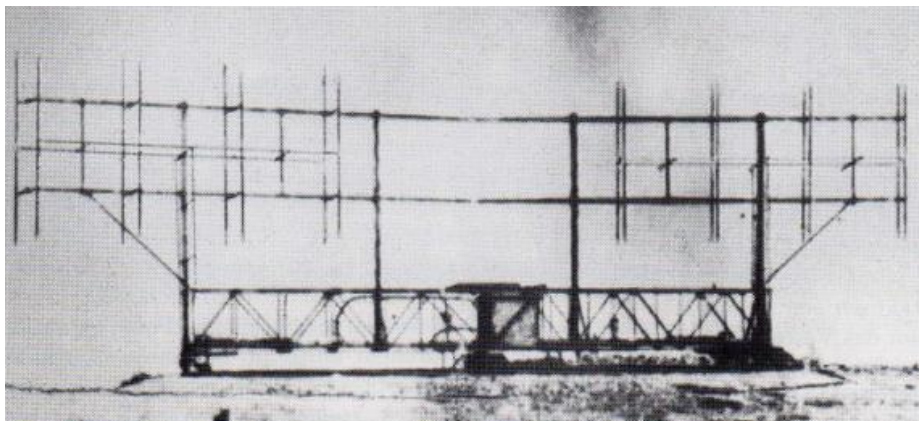
Система «Кникебайн» представляла собой наведение на цель с помощью двух радиолучей. Первый «луч» выполнял роль ведущего «луча», второй – маркерного «луча». Самолёт, двигаясь в створе ведущего «луча», проходил маркерный «луч», что было сигналом того, что он над целью и можно сбрасывать бомбы (см. схему ниже).

Местоположение самолёта в створе направляющего «луча» контролировалось, как и в случае слепой посадки, визуально по прибору AFN 1 или AFN 2 (нижней шкале) или акустически через наушники. Прохождение маркерного «луча» фиксировалось с помощью лампы приборов AFN 1 или AFN 2.

Наземный излучатель системы «Кникебайн» представлял собой антенный комплекс огромных размеров (габаритами 90х30 метров в раннем варианте и 45х16 в более позднем), создающих направляющий и маркерный «лучи». Антенны поворачивались таким образом, чтобы перекрестие «лучей» находилось над целью.



Большой (90x40 м) антенный массив «Кникебайн» (FuSAn 721) в Клеве, Германия (граница с Голландией). Хорошо видна круговая железнодорожная колея для установки антенны в нужное положение.



Малый (45x16 м) вариант антенного массива системы «Кникебайн» с 8 диполями

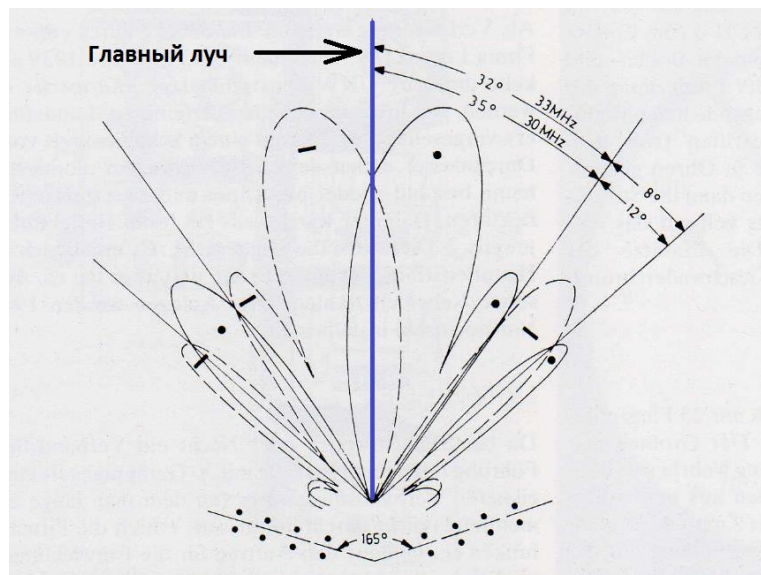
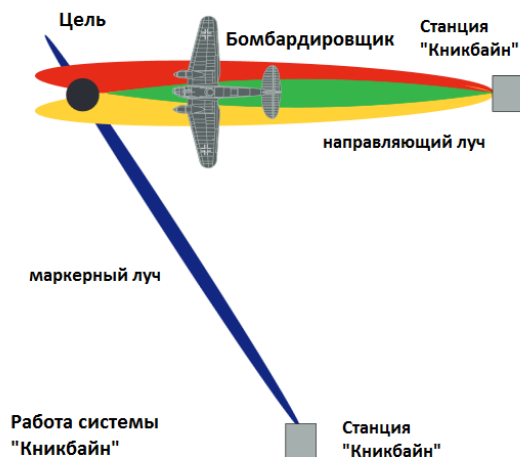


Диаграмма излучения малого антенного массива «Кникебайн»

Бортовое оборудование самолёта для приёма сигнала антенн «Кникебайн» представляло собой стандартные приёмники EBI 1 (ведущий «луч») и EBI 3 (маркерный «луч») бортовой системы слепой посадки FuBL 1. С этим оборудованием дальность приёма сигналов системы «Кникебайн» составляла на высоте 6500 м до 350 км (до 500 км по Ф. Тренкле), а отклонение от цели достигало +1500 по курсу и дальности. Приёмник EBI 1 имел всего две фиксированные частоты, которые легко забивались помехами.

В отдельных случаях вместо маркерного «луча» могли использоваться также «лучи» системы «Электра», прохождение которых фиксировалось акустически длинноволновым приёмником бортовой радиостанции FuG 10.

Несмотря на недостатки (невысокая точность и плохая помехозащищённость), безусловным плюсом системы было то, что она использовала уже стоящее на самолётах люфтваффе оборудование, т.е. какое-либо переоборудование не требовалось.



С 1941 г. на самолёты ставился комплекс слепой посадки FuBL 2 с приёмником направляющего луча EBl 3, который был гораздо чувствительнее EBl 1 и имел, в отличие от последнего, переключатель на 34 фиксированных частоты. С этим оборудованием дальность приёма сигналов системы «Кникебайн» на высоте 6500 м составляла ок 600 км.

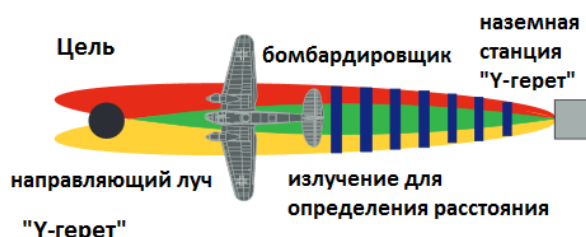
До конца 1939 года на территории Германии было построено три больших установки FuSAн 721 – на границе Германии с Голландией (Клеве), на границе с Данией (Штолльберг) и стыке границ Швейцарии и Франции (Лёррах). С 1940 г. было построено ещё 10 малых установок – 6 во Франции, 2 в Голландии, 1 в Норвегии и 1 на Сицилии.

Существовал упрощённый вариант наземной станции «Кникебайн», использовавшийся на Восточном фронте в основном для обеспечения безопасности полётов - наземная станция FuSAн 722 «Циклоп» («Zyklor»). Станция состояла из 120 Ватного УКВ-передатчика и двух отстоящих друг от друга на 14 м антенных мачт и приводилась из походного в рабочее в течении недели. Дальность приёма сигналов маяка «Циклоп» на высоте 5000 м составляла около 300 км. Система «Циклоп» использовалась также и на западном фронте, для ночного минирования морских фарватеров в Ла-Манше.

### Система наведения на цель «Вотан 2» («Wotan II») или «Y-Герет» (Y-Gerät / Y-verfahren)

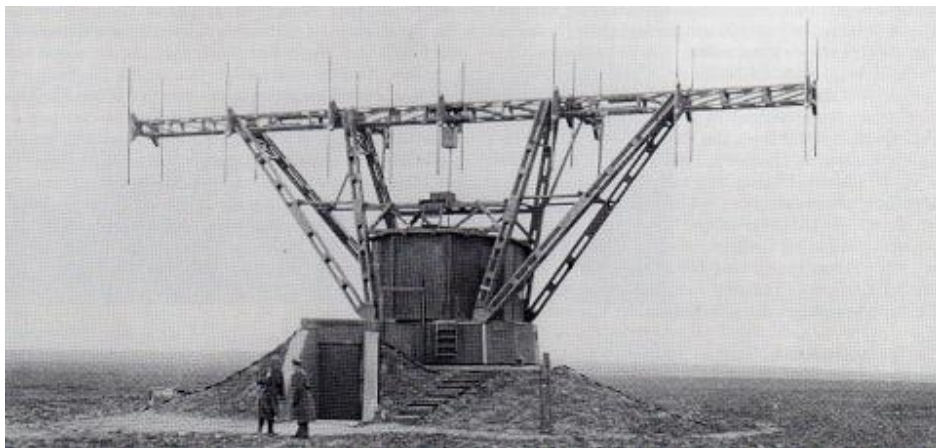
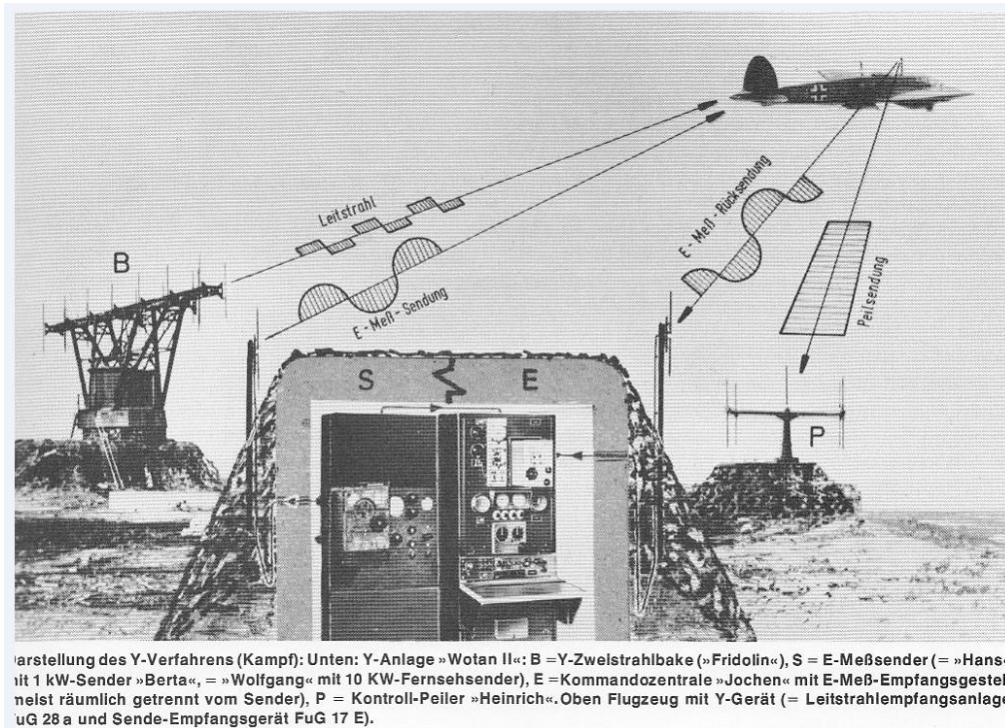
Система «Y-Герет» (или система «Y») разрабатывалась немцами примерно в одно время с «X-Герет». Главное отличие от систем «Y-Герет» от «X-Герет» - отсутствие маркерных «лучей». Собственно, общим с «X-Герет» и «Кникебайн» у данной системы был только направляющий «луч». Всё остальное оборудование и идеи, в нём реализованные, были оригинальным.

Основная идея, положенная в основу «Y-герет», заключалась в возможности с помощью специального оборудования точно измерять дальность до самолёта и таким образом точно определять местоположение и осуществлять сброс бомб точно над целью.



Работа всей системы «Y» выглядела следующим образом. Самолёт летел по ведущему «лучу» от антенны «В» (см. ниже) и принимал от передающей радиостанции «S» 10-и секунднй сигнал на несущей частоте 300 Гц с модуляцией частотой 42-48 МГц. После приёма сигнала бортовой приёмник FuG 17E накладывал на несущую

частоту «тире» (прерывистый сигнал) и следовала немедленная передача этого же сигнала с самолёта и приём его приёмником «Е». Принятый сигнал сравнивался по фазе несущей частоты с принятым. По сдвигу фазы определялось точное расстояние от станции до самолёта, для чего использовалось оригинальное оборудование. Пеленг на самолёт мог определяться «контрольным пеленгатором» «Р».



Антенна «Вотан II» с 7 диполями.

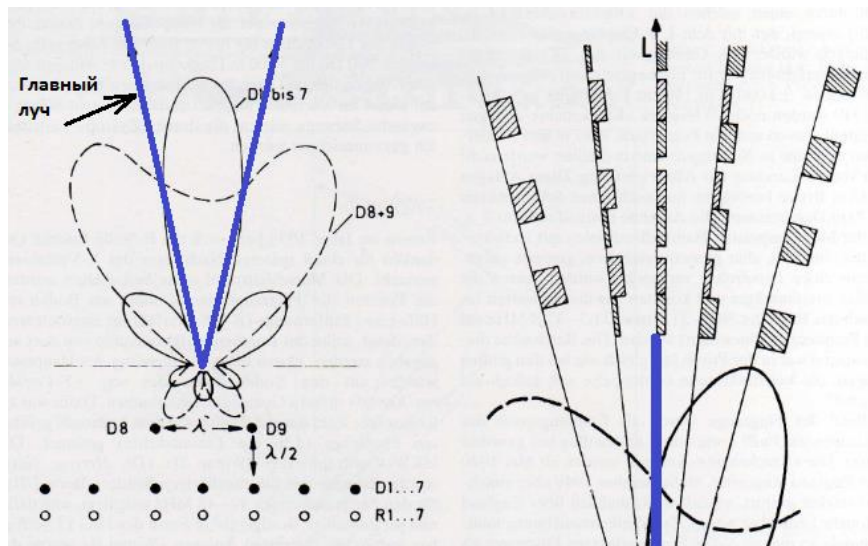
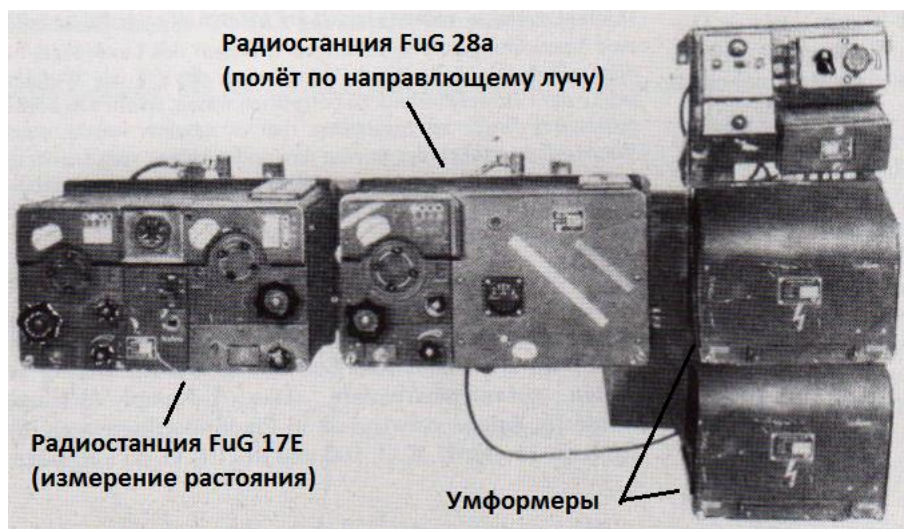


Диаграмма излучения антенны «Вотан II» с двумя «лучами», излучаемых под углом ок. 20 град. Главный «луч» использовался для полёта к цели, второй луч, как правило, использовался для обратного полёта

Бортовое оборудование «У-Герет» включало в себя приёмник направляющего луча FuG 28a с диапазоном частот 42,15 ... 47,75 МГц и радиостанцию FuG 17E с диапазоном частот 42,1 ... 47,9 МГц для приёма/передачи измерительного сигнала. Также в состав оборудования входил автопилот K12 с прибором автоматической коррекции курса по направляющему «лучу» LKZG 1 или 2 (Leitstrahl-Kurssteuerung-Zwischengerät), подключенным к FuG 28a.



Бортовое оборудование (бомбардировщика) системы «У»

Визуально самолёты, оборудованные «У-Герет», отличались наличием дополнительной мачты на фюзеляже чуть позади кабины пилота (см. ниже).



Do-217E-4 из I./KG 66 с мачтой системы «У-герет», 1943 г.



He-111H-6 I./KG 53, ноябрь 1941 г.

С осени 1941 на основе группы ночных истребителей II./NJG 2 проводились эксперименты по использованию системы «У» для наведения на бомбардировщики противника. Идея состояла в установке на истребитель прибора LKZG, который автоматически по «лучу» мог навести самолёт на цель.

Несмотря на наибольшую техническую «продвинутость», принцип работы системы «У-герет» был быстро раскрыт англичанами (почти сразу), что крайне отрицательно отразилось на её боевой эффективности при бомбардировочных налётах на Британию.

Для введения в заблуждение станции наземного измерения расстояния англичанами транслировался сигнал с ложным сдвигом фазы, что приводило к невозможности точного измерения расстояния до самолёта и делало всю систему «У-герет» неэффективной. Тем не менее, система «У» использовалась на разных фронтах с переменным успехом до конца войны.

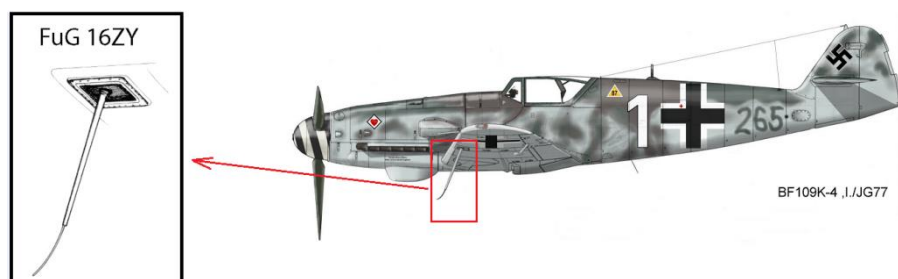
Для обычной истребительной авиации примерно с осени 1942 г. стала использоваться система «У» в упрощенном варианте (U-verfahren Jagd). Упрощение заключалось в отсутствии направляющего «луча». От наземного комплекса осталось только радиооборудование для измерения расстояния от станции до истребителя и пеленгатор. Такая наземная установка имела обозначение FuSAn 733 (см. ниже)



Первоначально такие установки использовались для определения расположения дневных истребителей авиационной дивизии. Но с нарастанием налётов англо-американских бомбардировщиков на Германию, данные установки стали использоваться также и в системе наведения ночных истребителей, в частности, как часть тактики «Ручная свинья» («Zahme Sau»).

Использование системы «У» одномоторными истребителями было возможным после замены бортовой радиостанции FuG 7a (2,5 - 3,75 МГц) на FuG 16ZY (38,4 - 42,4 МГц). Такие станции могли ставиться на «фокке-вульфы» начиная с версии Fw-190A-4 (с сентября 1942) и на «мессершмитты» начиная с Bf-109G-3.

Визуально такие самолёты можно было отличить по наличию т.н. антенны «типа Моран» на левом крыле (см. ниже).



## «Кникебайн», «Х-Герет» и «У-Герет» на Восточном фронте

Достоверных данных об использовании бомбардировщиками «лучевых» систем на Восточном фронте нет (или я их не нашёл). Есть несколько фотографий He-111 с трёх- и двух-мачтовым оснащением («Х-» и «У-герет» соответственно). В книге «He 111 Kampgeschwader on the Russian Front» сообщается, что перед отправкой на Восточный фронт со всех самолётов эскадры «маркировщиков цели» KG100 оборудование для работы системы «Х-герет» было демонтировано как совершенно секретное. Несмотря на это, на некоторых машинах до августа 1941 остались внешние антенны, которые планировалось демонтировать позже.

Также есть информация (см. ссылку 17), что в районе аэродрома Борисово в Белоруссии была установлена мобильная система «Циклоп». Система «Циклоп» и её более мобильный аналог – система «Бок-Циклоп» («Wock-Zyklus») предназначались, как уже было сказано выше, специально для Восточного фронта (см. ссылку 12). Но где и в каком количестве устанавливались эти системы – неизвестно.

Об использовании системы «У» на Восточном фронте в открытом доступе также мало данных. Судя по фотографиям, оборудованием «У-герет» были оснащены несколько самолётов 4./KG 27, а также машины в III/KG26, 1./KG 53, III/KG 100, KG 4. Есть отрывочные данные об использовании «У-герет» в декабре 1941 эскадрой KG 100 на Восточном фронте (см. источник 20), но где именно – неизвестно. Также в книге Д.Хазанова «Неизвестная битва в небе Москвы 1941-1942» вскользь упоминается об использовании немцами «радиолуча», направленного из района Орши на Москву. Что это за «радиолуч», какой частоты, что за наземное оборудование использовалось и какие самолёты выступали в роли «наводчиков» - все эти данные не указаны.

Ниже несколько фотографий самолётов He-111 на Восточном фронте с характерными мачтами, т.е. предположительно оборудованных системами «У-Герет».



He-111H-6 командира KG 100 с бортовым номером 6N+AA на аэродроме в Морозовске (зима 1942/43), на котором отчетливо видны три антенны (см. ниже). Вероятно третья антенна (ближайшая к хвосту), отношения к системе «У» не имела, а нужна была, для какой-то дополнительной радиостанции.



He-111H-6 из 1./KG 100 с бортовым номером 6N+HH на аэродроме в Морозовске (зима 1942/43)



Сброс бомб с He-111, оборудованного двумя антеннами где-то под Сталинградом



He-111 группы KG 53, зима 1942/43



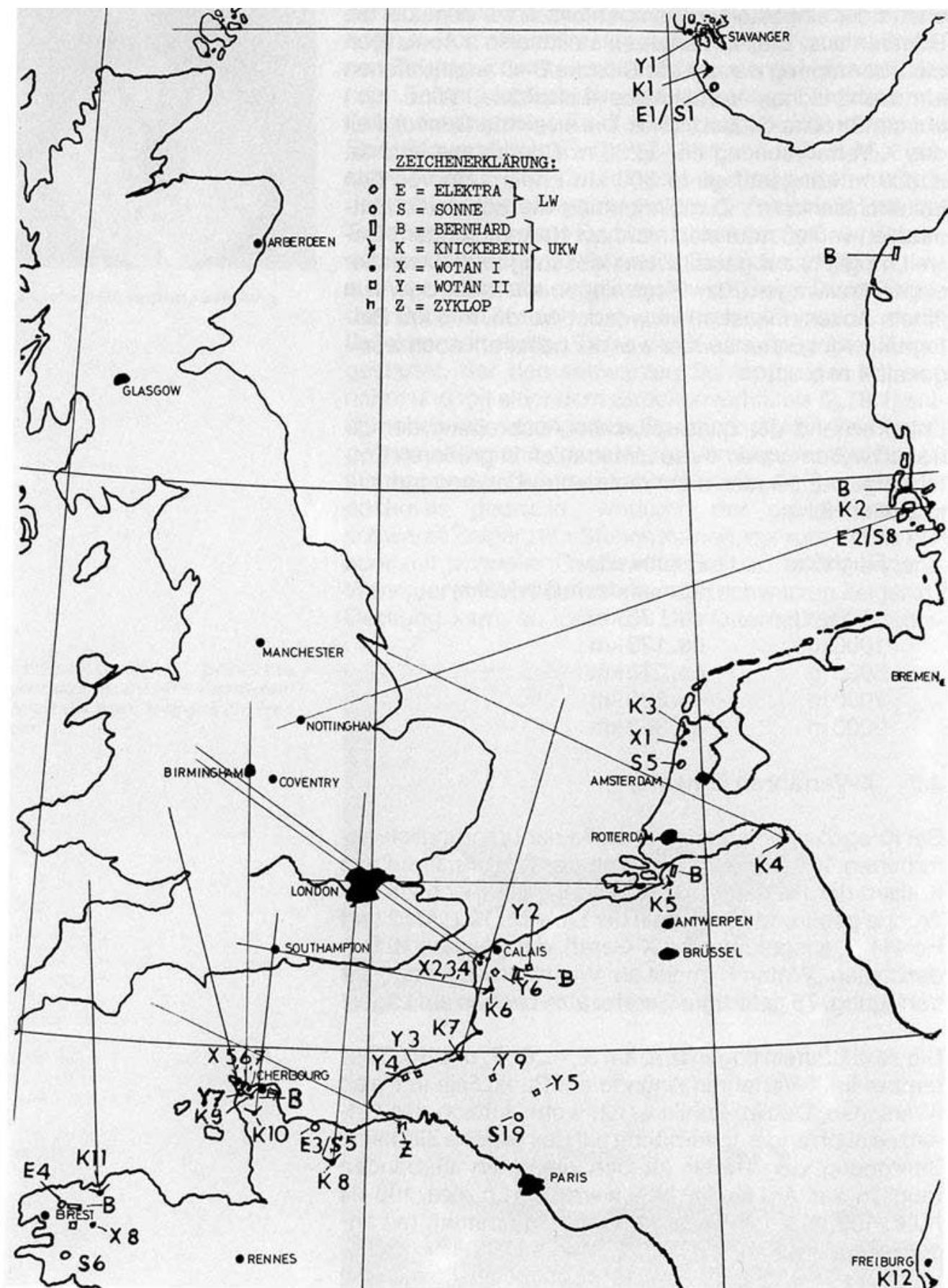
He-111 группы KG 53, зима 1942/43



He-111 III./KG 100 с бортовым номером 6N+MP.  
Желтая полоса указывает на использование машины на Восточном фронте.



He-111 (предположительно KG 4) после вынужденной посадки на Восточном фронте.



Расположение наземных станций разного типа на Западном фронте

## Ссылки и источники

- 1) [https://en.wikipedia.org/wiki/Luftwaffe\\_radio\\_equipment\\_%28Funkger%C3%A4t%29\\_of\\_World\\_War\\_II](https://en.wikipedia.org/wiki/Luftwaffe_radio_equipment_%28Funkger%C3%A4t%29_of_World_War_II)
- 2) <http://www.wehrmacht-awards.com/forums/showthread.php?t=591665>
- 3) <http://www.wehrmacht-awards.com/forums/showthread.php?t=582489>
- 4) <http://www.wehrmacht-awards.com/forums/showthread.php?t=591665>
- 5) <http://www.wehrmacht-awards.com/forums/showthread.php?p=6893399>
- 6) <http://www.cvni.net/radio/nsnl/nsnl124/nsnl124ww2de.html>
- 7) <http://www.cdvandt.org/Navigati.pdf>
- 8) <http://www.radarworld.org/flightnav.pdf>
- 9) <http://wunderwafe.ru/Magazine/AirWar/01/03.htm>
- 10) <http://www.balsi.de/Weltkrieg/Waffen/Sonderwaffen/Luftwaffe/xgeraet+knickebein.htm>
- 11) <http://www.ausairpower.net/SP/DT-MS-0207.pdf>
- 12) <http://www.nonstopsystems.com/radio/hellschreiber-modes-other-hell-brnhrd.htm>
- 13) [http://bnrg.eecs.berkeley.edu/~randy/Courses/CS39K.S03/radio\\_navigation.html](http://bnrg.eecs.berkeley.edu/~randy/Courses/CS39K.S03/radio_navigation.html)
- 14) <http://forum.axishistory.com/viewtopic.php?t=122288>
- 15) <http://www.wehrmacht-awards.com/FORUMS/showthread.php?t=639967>
- 16) <http://www.deutschesatlantikwallarchiv.de/radar/technik/peiler.htm>
- 17) <http://www.deutschesatlantikwallarchiv.de/radar/russland/rrus.htm>
- 18) «He 111 KAMPFGESCHWADER ON THE RUSSIAN FRONT», Osprey Publishing Limited, 2013
- 19) «German Elite Pathfinders KG 100 In Action», Manfred Griehl, 2000
- 20) <http://www.agder.net/la8ak/29b.htm>
- 21) [http://www.hanstholmregistreringen.dk/radarogradiostationer/hjardemaal/hjardemaal\\_ylinie.html](http://www.hanstholmregistreringen.dk/radarogradiostationer/hjardemaal/hjardemaal_ylinie.html)
- 22) <http://www.gyges.dk/Jargerleit%20Stellungen.htm>
- 23) <http://www.strijdbewijs.nl/fliegerhorst/himmelbett.htm>
- 24) <http://www.geschichtsspuren.de/forum/viewtopic.php?t=13022>
- 25) <http://51067.blogspot.ru/2014/08/der-luftnachrichten-datenbank-wird-das.html>
- 26) [http://www.gyges.dk/fightercontrol\\_stations%203.htm](http://www.gyges.dk/fightercontrol_stations%203.htm)
- 27) <http://www.deuscheluftwaffe.de/archiv/Dokumente/ABC/f/Funk/bordfunkgeraete/Bordfunkgeraete.html>
- 28) <http://www.jagdgeschwader4.de/index.php/forum/allgemeine-themen/772-wotan-i-und-ii>
- 29) <https://ww2aircraft.net/forum/threads/heinkel-he111-bomber.42162/>
- 30) [http://www.bunkerinfo.nl/2010/01/elektra-sonne\\_5.html](http://www.bunkerinfo.nl/2010/01/elektra-sonne_5.html)
- 31) Radio Navigation Systems for Aviation and Maritime use, AGARD-AG-63
- 32) <https://www.youtube.com/watch?v=xcvLtpWpio8>
- 33) Die deutschen Funk-Navigations- und Funk-Führungsverfahren bis 1945, Fritz Trenkle