

# Minimal QSOs and their validity

by **Klaus von der Heide, DJ5HG**

© DUBUS Magazine – www.DUBUS.org

The completion of communicated messages with the help of a list in the EME mode JT65 has caused a partially hard discussion regarding the official validity of these QSOs.

This essay does not take sides or attack digital modes. Indeed, half of the author's QSOs are based on WSJT. It delivers the basics for an objective treatment of this problem on the one hand and shows on the other hand why such a discussion is really necessary and why this applies to all modes on all bands.

It is shown from which kind of view JT65 may hurt valid rules and how it is possible to interpret never accurately formulated rules that this is not the case. This interpretation would have some consequences which are discussed also shortly.

Amateur radio also contains a sportive aspect. QSL cards are confirmations of success. Success can be compared only on the base of defined rules. Violations are classified as fouls.

Who is not seeing the necessity of rules, should skip chapters 1, 9, 10 and 11.

## 1. Validity of a QSO

The standard for a QSO to be officially acknowledged is normally as follows:

**(1) Both callsigns have to be transferred in both directions without error.**

**(2) A report – of which kind soever- has to be transferred over both directions.**

**(3) Both stations must get a confirmation from the partner that (1) and (2) have been successfully.**

In a pileup or contest however mostly only the callsign of the caller is mentioned in both directions, especially in SSB and CW. This is accepted generally, because the transfer of the callsign of the keeper of the frequency *must* have taken place.

A confirmation of the correctness by sending this again and getting a receipt is abandoned.

This could be an argument to transfer also only the one callsign in digital modes. But this would be much less than with an analog QSO because the transfer of the second callsign is only abandoned, if the communication is so reliable that thereby there is the confidence for a correct transfer of this callsign. Otherwise it is struggled to transfer *both* callsigns until both sides do have the information or one side resigns.

Thus consequently we have to demand for an *equivalent* digital mode instead of (1):

The callsign of the keeper of the frequency has to be transferred to the caller and the callsign of the caller has to be transferred to the keeper of the frequency and additionally information about the callsign heard respectively in order to be able to acknowledge *both* callsigns into *both* directions with an adequate confidence.

In order to prevent misunderstandings for an objective discussion it is important to handle the used terms correctly. In the former paragraph it stays open what is meant by *sufficient information* and *adequate confidence*.

The mentioned discussion also shows that radio amateurs themselves do not use the term *transfer* in a uniform way. Even the term *callsign* can be interpreted in such a different way that we talk at cross-purposes. All this we will clarify in the following chapters before we come to the actual subject.

## 2. Term of information content

Shannon [3] defines the information content of a message according to the amount of liquid in a can or weight of a sack as measured value with the unit "bit". Here only the "*How much*" is important, not the "*What*". This unit must not be mixed up with the "binary digits", the binary positions which store information in a computer. The information content here also has to be separated clearly from the actual topic of the message and their sense.

The information content of a message  $N_i$  is defined by

$$I_i = - \log_2(W_i)$$

Here  $W_i$  is the probability of the incidence of exactly the message  $N_i$  and  $I_d$  is the logarithm to the basis 2. The sense of a message within Shannons theory is irrelevant. Only this abstraction allows the mathematical treatment.

Let's take a macabre example with only three possible messages, which means that the receiver knows that he will receive exactly one of the three following messages:

$N_1$  ;  $W_1 = 10^{-17}$  : Person A was slayed today by a meteor.

$N_2$  ;  $W_2 = 10^{-7}$  : Person A today became victim of an traffic accident

$N_3$  ;  $W_3 = 1 - 10^{-7} - 10^{-17}$  : Person A today kept alive

The information content of the the messages is:

$I_1 = 56.47$  bit;  $I_2 = 23.25$  bit;  $I_3 = 0.000000144$  bit

Information content below 25 bit is at best sufficient for a note in the local newspaper. Above 50 bit is a sensation that all media worldwide will bring as a headline. Consider that it is totally regardless for the affected person and the posterity if case 1 or case 2 has occurred. When reading a newspaper be always aware that the principle of the selection of the news to print according to it's information content provides a wrong picture of the world: Real hazards with millions of affected people are not worth a line.

In the following example information is transmitted as a random sequence of characters of the often used alphabet of 43 characters (all 26 letters, numerals and some special characters) [4]. The information content of one character is

$I = -\log_2(1/43) = \log_2(43) = 5.426$  bit.

### 3. Information content of an amateur radio callsign

For most of the amateur radio callsigns the following rule is valid [4, 5]: It is formed by prefix, decimal digit and suffix. Prefixes have two symbols from letters and digits. Single symbol prefixes get a leading *Space* to get two symbols. Suffixes contain three symbols from letters. Single and two symbol suffixes get spaces at the end. Using this rule it is possible to code a total of  $37 \cdot 36 \cdot 10 \cdot 26 \cdot 27 \cdot 27 = 252467280$  callsigns.

Presuming the *same* probability for all of them, we get:

$W_i = 1 / 252467280$ . The information content of one single callsign becomes  $I = 27.91$  bit  $\approx 28$  bit.

The case of different probability is shown with the following example:

S52LM may be ten times more active on EME than DJ5HG and the probability to meet DJ5HG be  $W \ll 1$ . This results in a probability of  $10 \cdot W$  to meet S52LM. The calculated information content of that callsign is  $-\log_2(10 \cdot W) = -\log_2(10) - \log_2(W) = -\log_2(W) - 3.32$  bit. A ten times more active callsign becomes a 3.32 bit lower information content.

### 4. Entropy

If the probabilities  $W_i$  of messages are known and *different*, one calculates with the *average* information content, which is called *entropy* [3]:

$$H = - \sum_{i=1}^n W_i \log_2(W_i)$$

A simple example is the transfer of binary digits, namely 0 and 1 with equal probability and without any known or cognizable rule at the receiver. Then we get

$W_i = 1/2$  for all figures 0 and 1, thus:

$$H = -2 \cdot 1/2 \cdot \log_2(1/2) = 1$$

Thus the average information content of one binary digit under the mentioned condition is 1 bit. The difference between *binary digit* and *information content* gets not clear until the binary digits are not totally random. Example: We transmit decimal digits coded by 4 binary digits (BCD).

Decimal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

The frequency of binary digits is different at the binary positions from 1 to 4 and furthermore there is a dependency: If the first position is 1, which occurs in only 20% of all cases (8 and 9), the following two binary positions are 0. Thus they don't contain any information content. Already from the 1 at the first position it is clear that the zeros will follow. This leads – without proof here – to the result that the 4 binary digits altogether contain an information content of  $\log_2(10) = 3.32$  bit.

## 5. Transmission channel and additive distortions

The entropy of the transmitted signal be  $H_x$ . The channel adds noise. From the statical properties of the noise it is possible to calculate an entropy  $H_r$  just like with the wanted signal.

Shannon proves in his groundbreaking work [3], that at the receiver due to the noise only the entropy  $H_y = H_x - H_r$  is left from the wanted signal. For example an information of 72 bit is transmitted and the noise has an entropy of 50 bit, then the receiver can (on average) reconstruct maximal 22 bit of the transmitted information error-free. At the utmost this reconstructible information gets *transferred*. The remaining Information gets lost due to the noise. In the VHF range and above with a good approximation the noise has a Gaussian distribution. It is called Additive White Gaussian Noise (AWGN).

## 6. Channel coding

Channel coding allows the error-free reconstruction of a message that was distorted on the channel by noise and fading. The degree of the distortion – measured by  $H_r$ , has to keep below a certain limit which depends on the code. Otherwise the reconstruction fails. The attributes of the channel (including noise and other distortions) determine which kind of coding is suitable.

The principle of the reconstruction of the source code out of the distorted received values is shown here for the case of Gaussian noise (AWGN) with a very simple example.

The source code consists of  $k=2$  binary digits, the channel code has  $n=3$  binary digits and is defined by the table below. Instead of the binary values 0 and 1 the analog values -1 and +1 respectively are transmitted and demodulated and they are reconstructed to binary values by the decoder.

Sourcecode	Channelcode	transmitted	received	distance
0 0	0 0 1	-1 -1 +1	(example)	2.73
0 1	0 1 0	-1 +1 -1	-0.43 +1.55 +0.21	1.45
1 0	1 0 0	+1 -1 -1		3.16
1 1	1 1 1	+1 +1 +1		1.72

The transmitted values are changed by the channel. For example the receiver records the shown values. The decoder determines the real distance of this point in the  $n$ -dimensional space to all correct code words (here is  $n=3$ ). As with white Gaussian noise small error values are more probable than large ones, the code word with the smallest distance to the received one is the one that has been transmitted with the maximum probability. In the example decoding according to the smallest distance results in the source code 0 1. In practice a calculation of all distances is impossible because  $k$  is mostly very large and  $2^k$  distances have to be calculated. Thus an essential criteria for a usable code is decidability by a more efficient method than the complete search.

The example in figure 1 demonstrates why transferring a code word with  $n=255$  bit positions for  $k=8$  source code bits is substantially better than transferring the uncoded 8 bit positions.

In both cases, coded and uncoded, the total transmission consumes the energy  $E$ . Thus in the uncoded case the single bit position is transferred with the energy  $E_b = E / k$  but in the coded case only with the energy  $E / n = 0.031 E_b$ . Figure 1 shows the squares of the distances of a received word from all correct code words in each case, namely (a) for the uncoded case and (b) for the coded case. In the uncoded case another information word fits better to the received one than the correct one (one bit is wrong).

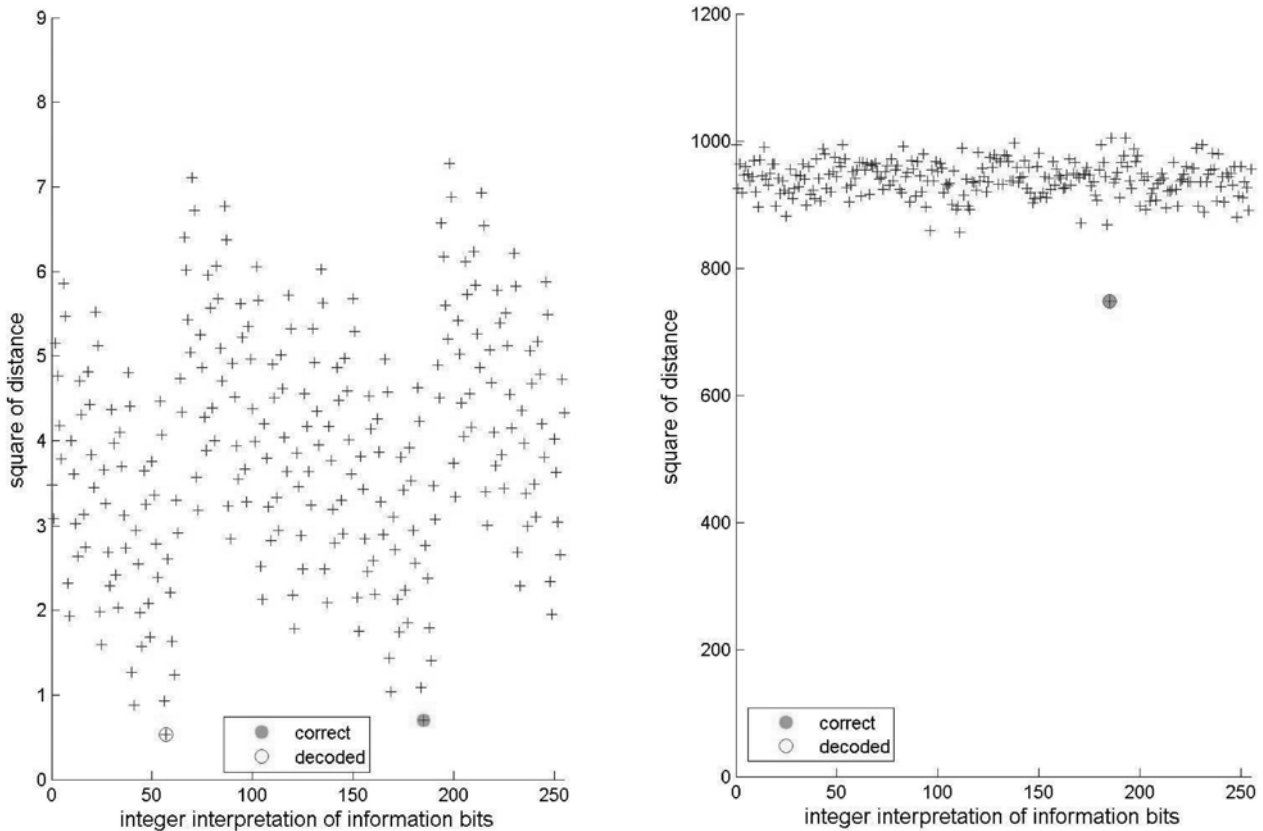
## 7. Reliability of received messages

No code is able to guarantee that the reconstruction provides always the correct information.

There is a residual error probability that is strongly dependent on the noise and the kind of code itself. This means that the decoder does not provide the information amount  $H_y = H_x - H_r$  but  $H_{yy} = H_y + H_{rr}$ , with  $H_{rr}$  for the entropy of the residual noise of the decoding. This residual noise determines the reliability of the decoded information. A small value of  $H_{rr}$  corresponds with high reliability. Important is the awareness that reliability is also information which can be measured in bit and that with the kind of code we chose between a bit of more decoded information with lower reliability or less decoded information with higher reliability. In fact in any case at most the information amount  $H_y$  gets transferred, because we can not count the falsely decoded messages as transferred information.

If a channel code with error correction is used then the decoder provides apparently meaningful information. One can not identify decoding errors. For example a microphone instead of the transceiver and a singing bird in the garden are sufficient to receive CQ calls from real callsigns from all over the world (namely from the list) with JT65. Thus with decoded messages the indication of their confidence is important. Often a check sum of a few bits is attached to the primary information.

The primary information plus its check sum together are channel-coded. After the decoding one can calculate the check sum for the received message and compare it with the received check sum. Then the probability to take a false decode as a correct one is about with  $1/2^n$  for the number of bits of the check sum. The check sum is information that has to be transferred additionally as a part of the code, of course.



**Fig. 1** Transfer of an information of 8 bit with the same total energy:  
left: 8 bit uncoded; right: (255,8)-simplex-code

y-axis: squares of distances of the received word from all 256 possible code words (horizontal). The codeword with the smallest distance is chosen as decoded. Coding with a small code rate (right) results in almost equal distances to all code words so that the transmitted code word clearly stands out of the cloud of the remaining. A statistical test shows that such a big distance occurs randomly only in one case of a million. The same test shows for the undecoded case that the decoded word is with high probability a random product and therefore not confident.

For short messages a check sum is a large overhead. Then one can gain the reliability directly from the decoding. From the distance of the received word to the chosen decoded codeword it is possible to calculate the probability at which this or a larger distance occurs in the case of AWGN. One can not trust the decoded information if this probability is 0.05 (thus 5%) or larger.

The required level of confidence strongly depends on the application. A method for transferring emails or computer programs needs to have much smaller probabilities for decode errors than one for EME. In particular a method for weak signals needs an accurately adjusted threshold, because a too high threshold delivers too often decode errors which are not observable and a too low threshold abolishes most of the correct decodes as not confident.

For the amateur who is not using his station in an automated mode it is beneficial to work with a relatively high threshold if with each decoded information there is given also a hint for its confidence.

Unfortunately the threshold of the Koetter Vardy algorithm that is used in the JT65 mode for decoding the RS code is much too low for our purposes. In contrast in the deep search mode a "?" is added to the decoded text if the correlation of the received signal with the code word of the quoted text is weak.

As WSJT offers not such confidence information in FSK441A, the author has constructed a decoder himself, that writes the characters from bold black to light-grey according to the confidence. This eases the interpretation enormously (sorry the realtime interaction with WSJT is not working properly yet, so no download).

In addition to the confidence calculated from the transmission often there is a confidence that is not transferred via the channel. This is shown with the following case that could be a re-enactment of the reality.

If I know that XY9Z is the only active meteor scatter station using the prefix XY9, and after a cq call I receive **6 26 DJ5HG XY9ZQ3 H**, then, well, I will transmit **XY9Z DJ5HG R26 R26**. Are both callsigns on my screen without any error? Or does the final blank belong to it or does the callsign of the caller have to be at least two times clearly on the screen to be *without doubt*, or even three times?

If any uncertainty has to be eliminated by the radio path, and only this can be meant by *transfer* of the callsigns, then with unreliable transfer (FSK441A) we have to demand for additional reliability by repetition. In this shown case I have got the confidence that the data rubbish starts with the **Q** and not before or later on with the **3**, from my *previous knowledge*. Thus the transfer of the callsign took place on *two* ways. One should not undervalue the quantity of information that is supplied by the previous knowledge. Without previous knowledge I could only change from CQ to QRZ and wait for another good ping. Corresponding knowledge often is taken from a list, also if it not used directly at the decoding by the computer.

## 8. Completion of a message with the help of a list

This chapter describes the principle of completion with the help of a list. In doing so it does not matter if one looks up actively himself or if a computer program takes care about this knowledge automatically. At the mentioned discussion it is important to have the awareness that one does not talk about a digital method but a method of addition of information to partly transferred messages, that works for SSB and CW equally and that could and will shorten QRSS QSOs on 136 kHz to a quarter of their today's length, if one allows this. Here a computer is helpful but not necessary. So *all* radio amateurs are invited to discuss this. In chapter 3 it was shown that the information content of an active callsign is less than that of a rare callsign. The transfer of an active callsign therefore needs less energy, if the receiver knows who is active. This knowledge is supplied by the list. Here different views regarding the validity of a QSO are argueable.

**Strict view:** Any callsign has the firmly determined information content of 28 bit.

**Dynamic view:** The information content of a callsign is dependent from the activity.

**Limited dynamic view:** The information content of a callsign is determined in the range of 16 ...32 bit.

One has to decide in favour of one of these views. May be exactly this is the *critical* question. Here it is really clear that this discussion has nothing to do with a digital method or a just a single mode or band. Perhaps we should add that the decoding of the calls should be *unique* regardless from the view. Whilst one has no problems with JT65 under the dynamic view (chapter 11), at this point one will get problems however (chapter 12, 13). The principle of the completion with the help of a list can be demonstrated with the following intentionally simplified method that is reduced to a single callsign at first *without* any coding:

Just a 6 digit uncoded callsign may be transmitted using the character set {A...Z,0...9, "blank"}. A (intentionally short) list with the following callsigns is used:

<b>EA3DXU</b>	<b>ES6RQ</b>	<b>F9HS</b>	<b>HB9Q</b>	<b>I2FAK</b>	<b>IK1UWL</b>	<b>KB8RQ</b>	<b>N5BLZ</b>
<b>OH7PI</b>	<b>RK3FG</b>	<b>RN6BN</b>	<b>RW1AY</b>	<b>S52LM</b>	<b>UA4AQL</b>	<b>VK7MO</b>	<b>W5UN</b>

As decoded callsign the one is chosen where the most characters match with the received signal. Not matching digits are subtracted from this sum with -1. For some characters the receiver knows also, e.g. if there is fading or pulse distortion, that they are defective and marks them with \* (erasure). These are not getting counted. If the rating achieved this way is less than 1 for all entries of if the highest rating occurs for more than one entry then the decoder shows "nil" as result. Now the receiver may deliver "\*\*\*HX \*" to the decoder. The decoder determines in turn for the list's entries the following ratings (in the same order):

<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>+1</b>	<b>-1</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>
<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-3</b>	<b>-1</b>

The highest rating – and this meets the condition "not less 1" - corresponds to "F9HS". Thus this callsign gets decoded and written on the screen. To achieve this result it would have been sufficient to switch the transmitter on only when transmitting the suffix. By changing the list it is possible to check that the rest of the call comes from the list. Namly if for example there is G3HXU in the list instead of F9HS, that callsign gets decoded.

But we do not know, what has been really transmitted, we only know that there has been a usable signal and "\*\*\*HX \*" was received. What has been *transferred* ? At first this question is not to be answered. Rather we are interested in *how much* has been transferred? Under assumption of equal probability for all n callsigns of a list this is an information content of  $\log_2(n)$  bit. With unequal probability it is less on average. In the case above with  $n = 16$  at the most 4 bits are transferred. In fact, this transferred information content is independent of the number of characters of the received sequence matching with the chosen entry of the list. Just the confidence is determined by the number of matching characters.

For the case of a sked we get  $n=1$  and an information content of 0 Bit, which only means that the gain of information on the side of the receiver is zero. One should take note that we consider the existence of a usable signal separately.

Solely the necessary information for generating reliability has to be transferred in the case of a sked but not the callsign. An error-correcting code does not alter this principle but just improves the subject. The completion from the list then works as follows: The code words are calculated for all entries of the list and correlated with the received signal. This results in a rating for each entry on the list. The correlation on the base of the code words instead of the uncoded information is better because all code words differ at least at  $d$  symbols with  $d$  for the minimal distance of the code. The problem of equal well matching for several entries of the list like in the example above e.g. when receiving "R\*\*\*\* " is practically not existing. Vitally important for the designer of the communication method is the fact that the complexity of the decoding is of no concern in this case.

## 9. The case JT65b in a strict view

JT65 codes *both* callsigns, one *locator* and the *O-Bit* (or some variant) for one transfer. This makes together 72 bit of information content. At least the locator is information that is not demanded for a QSO. With the second callsign there is a discrepancy between the usual demand (1) and the daily practice, that an *adequate confidence* for the correct transfer is sufficient. This confidence can result from a check sum (e.g. 4 bit) or from the decoding itself, if the decoding mode allows this. Instead of the 72 bit of actually decoded information only an information content of 28 bit (callsign) plus 1 bit (O) plus may be 4 bit (check sum) is required. Thus one could argue that the energy to transmit these 72 bit rightfully is used for the transfer of only 33 bit. One may compensate this loss of  $10 \cdot \log_{10}(72 / 33) = 3.388$  dB that originates on the transmit side by completion from a list on the receive side. If the transferred information content meets the demands (1) and (2) one could accept this.

Therefore however the list needs to contain all allowed entries. In the case of JT65 these are the following  $2 \cdot 2^{28}$  combinations: CQ with all possible calls according to the rule and mycall with all possible calls. This is far beyond practicability. Because on the one hand such a list can not be available for JT65 due to its huge length, and because on the other hand the simple choice of the best matching message from a shortened list under the strict view would obviously violate demand (1) and (2) the decoding of JT65 has to be made as if the huge list would be there. Then the decoding corresponds to the one on picture 1 on the right side. The decoder determines all distances for the corresponding combinations with the huge list, searches the smallest and determines the probability of an even larger the distance from the determined cloud. The smaller this probability the more confident is the result of the decoding.

In fact the cloud is determined only with the entries of the *shortened* list instead of the about  $2^{28}$  possible callsigns. But the circa 3000 obtained points from the circa 1000 entries of the list are *representative* for the cloud. With a larger or another shortened list the cloud would only change position within the range of statistical variations. So the cloud can be estimated well on the basis of the existing list. But how far from the cloud has the selected deepest point to be to be quite sure that there is not another point of the huge cloud, that consists (of about  $2 \cdot 2^{28}$  points) in a deeper position at random? This is easy to say: The probability that an even larger distance is existing by random has to be less than  $1 / (2 \cdot 2^{28}) = 0.00000001863$ . Above we have estimated the information content of the second callsign at 4 bit. Adding that information this value modifies to  $1 / (2 \cdot 2^{32}) = 0.000000001164$ . Using the Gaussian distribution function we get that the distance of the point from the centre of the cloud has to be at least 6.34 times the standard deviation within the cloud. This is the key point. If the threshold would be as described here then one could accredit JT65 QSOs without restrictions - despite possible reservations, which are addressed in chapter 15,.

## 10. Inspection of JT65's decoding threshold

Instead of analyzing the programme itself, we want to inspect only its decoding behaviour.

Let's assume the decoder would work with a huge list. We offer to it only the synchronisation sequence plus Gaussian noise. JT65 synchronizes but the decoder gets only noise. Let's assume also the decoder is aggressive: It delivers *always* a callsign from the huge list. Then the fraction of decodings with callsigns, which are registered in our *shortened* list is equal to the ratio of the size of the lists:  $4700 / 228 = 0.0000175$ . If the size of the only is of significance for the computing time then the occurrence of decodings with a callsign when using the shortened list should be 0.0000175 sein. Among 57000 decodings of Gaussian noise on average there should be only one that writes a callsign of the list on the screen with or without "?".

In reality we observe a gross discrepancy: The frequency of decodings without and with "?" are already with the option "not aggressive" about 0.005 and respectively 0.15 instead of 0.0000175. This proves that the callsigns are being completed from the list like described in chapter 8. Even if JT65 estimates the confidence of a decoding as so high that there is no "?" the decoder would, if using a huge list almost always decode a different callsign that is not included in the shortened list. So under the strict view the deep search function of JT65 can not be accepted.

If a list Call3.txt with n entries is used, the information content of one decoded line is  $\text{Id}(n)$  bit. For the current length of  $n = 4700$  of the list supplied with WSJT this is 12.2 bit, respectively 10 bit for the about 1000 EME entries.

Additionally there is the confidence of  $-\text{Id}(p)$ , that results from the probability p of decodings from pure noise. With  $p = 0.005$  and  $p = 0.15$  (without and with "?") one gets 7.6 bit respectively 2.7 bit. One should realize that the information content of 10 bit in the case of EME is less than the content of two characters with FSK441A,  $\text{Id}(43 \cdot 43) = 10.85$  bit.

While JT65 with its Koetter-Vardy-decoder is an outstanding technique the "gain" of the deep search simply is based on the reduction of the information content from 72 bits to about 10 bits. As a side effect the good code properties are lost. Thus only 4 dB are remaining from the  $10 \cdot \log_{10}(72/10) = 8.5$  dB.

## 11. JT65 under dynamic view

The dynamic view allows the adaption of the information content of callsigns to the activity of the amateur. The list of JT65 quantifies the activity only two-valued: active and not active. This bivalence complies with the decoding method that considers only active callsigns in the deep search function. Apparently JT65 meets the dynamic view. Anyway the amount of information to transfer 12.2 bits respectively 10 bits may be below any wise limit under the limited dynamic view.

## 12. Uniqueness of decoding

If callsigns from a list are considered as active and therewith as probable, their information content is low. Then the information content of the remaining callsigns is larger than the average information content. As the coding of these remaining callsigns in JT65 does not need more bits than the average, the decoding can not be unique. We will find this ambiguity again in the following chapter as alias callsigns.

## 13. What happens to amateurs who are not in the list?

Let's assume it has been **W5HX** who has transmitted in the example in chapter 8. All five entries in the list which match at least with one character of the call W5HX are potential *alias*.

The deep search can not find the correct callsign, also if the first decoding was missed only marginal, if the callsign is missing in the list. Instead the alias codeword that matches best is delivered, if at all. In the example this is F9HS. The author has produced wave files with Matlab and decoded them by WSJT4 and WSJT 6 using different "mycall" and different "Call3.txt". Below an example where the transmission UA4AQL DJ5HG JO53 is decoded by WSJT at SNR = -28 dB:

MyCall UA4AQL decodes without DJ5HG in the list an alias with "?":

```
J5HG_2 1 -28 2.1 -3 2 * UA4AQL UA1C KO58 ?
```

MyCall UA4AQL decodes with DJ5HG in the list the right callsign (without "?"):

```
J5HG_2 1 -28 2.1 0 2 * UA4AQL DJ5HG JO53
```

MyCall SV1BTR decodes the same wave file in both cases to:

```
J5HG_2 1 -28 2.1 2 2 * SV1BTR DL1AAH JO52 ?
```

10 files UA4AQL DJ5HG JO53 with mycall UA4AQL at SNR = -23 dB decodes without DJ5HG in the list:

```
J5HG_1 8 -22 2.1 -3 2 * CQ DL3AZI JO51 ?
```

```
J5HG_10 6 -24 2.1 3 2 * UA4AQL W2DRZ FN02 ?
```

```
J5HG_2 7 -23 2.0 0 2 *
```

```
J5HG_3 6 -23 2.0 0 2 * UA4AQL DJ5HG JO53
```

```
J5HG_4 8 -23 2.0 3 2 * UA4AQL PE1AGJ JO30 ?
```

```
J5HG_5 9 -23 2.1 3 2 * UA4AQL HB9CRQ JN47 ?
```

```
J5HG_6 5 -23 2.0 0 2 *
```

```
J5HG_7 6 -25 2.0 0 2 * UA4AQL G8MBI JN04 ?
```

```
J5HG_8 7 -23 2.1 0 2 *
```

```
J5HG_9 6 -24 2.1 0 2 * UA4AQL I2CSE JN55 ?
```

All lines with a „?“ decode alias. The existence of alias out of the used list is a proof that more than only the own callsign and one locator is completed from the list, namely also information from the other callsign (see chapter 8). The frequency of alias with good correlation, thus without ?, is clearly lower (chapter 10).

## 14. Integration of several passes (average)

JT65 adds up sequential receive passes, where the synchronisation was o.k. but not the decoding of the RS code. This sum is getting decoded also in each pass. Because this decoding takes place only with the Koetter-Vardy algorithm, QSOs where the information was decoded in the average field are valid for sure. Here clearly more information was transferred than demanded. At this place, even under the strict view, it would be possible to gain 2.5 dB, namely without list. Then one would have a method that reaches the sensitivity of the current deep search without a list.

## 15. Consequences of the dynamic view

The QSO rules mention callsigns. In CW and SSB mode it is generally accepted that these callsigns from letters and numbers are those that are granted by the licence authority. But with digital modes the callsign can be coded in advance with different length under consideration of the activity or the decoder can simulate a different information content by information default and usage of a list like with JT65. As the example in chapter 8 shows, the usage of a list is not limited to digital modes.

If the dynamic view should be determined as the definitive one for the validity of QSOs the following items have to be considered:

- The deep search is not a new mode, that is usable only with the help of a computer and only with digital transfer. In fact until now all QSO tests assumed that this kind of reduction of the callsigns is illegitimate. Presumably the strict view was valid because the dynamic view was outside the mindset.

- Former HSCW-MS tests for example have to be valid retroactively if they could not complete because only 3 letters of the call-signs had been received. At the JT65 deep search only the equivalent of any of two characters from the callsign or locator is necessary for decoding.

- The usage of a list is helpful for *all* modes. If the usage is o.k. for one mode it can hardly be possible to forbid it for another mode. Also a FSK441A-QSO for example by a sked, where the partners have agreed to use the system below then has to be valid:

```
CallA de CallB      is coded by !%%  
CallA de CallB 26 is coded by !%6  
CallA de CallB 27 is coded by !%7  
CallA de CallB 28 is coded by !%8  
CallA de CallB R26 is coded by !%1  
CallA de CallB R27 is coded by !%2  
CallA de CallB R28 is coded by !%3  
CallA de CallB RRR is coded by !%R  
CallB de CallA      is coded by !&%  
etc.
```

This code uses words of 3 characters from the 43-character-alphabet. For the callsigns are used  $\log_2(43 \cdot 43 \cdot 43) - \log_2(m) = 12.2788$  bit.  $m = 16$  is the number of possible code words.

Who ever, after a CQ call in FSK441A, has received several times parts of the own callsign together with fragments of one or several (!) callsigns can measure that this kind of code makes meteorscatter to a duck soup. One can want this. Anyway for the author this looks like angling a fish that one has put into the tub.

- Certainly it is really helpful to use a list for SSB meteor scatter. Three letters together for callsign, report and backup should be sufficient for Europe. This results in 10 letters which have to be transferred per QSO. A log programme in this case with automatic speech generation can be written in a few hours. For all who are not in the list and for the authorities one transmits the full callsign every five minutes.

- Lists have to be updated at all amateurs. Special callsigns issued at short notice can not be added timely to the list. Who wants to make radio from the holiday location has to make a long-term announcement. After the trip the callsign should be cancelled again. Guests of an EME-OP can not work under their own callsign. Here a solution is necessary where everybody can and *must* update ones data immediately in a central list via internet. Who has not registered for e.g. three months should be cancelled automatically. And the decoder should warn if the list is out of date or, possibly, should stop the deep search when the list is older than three months.

- Any future mode has to complete callsigns with the help of a list in order to be competitive. Therefore a once accepted completion is a general fixing for the future. With weak signals nothing would go anymore without a list.

## 16. Summary

Depending on the view, dynamic or strict, JT65 does meet the currently valid QSO rules or not.

Under the strict view QSLs are not countable for this mode if the SNR is below -25dB and if there is no decoding in the average field. JT65 would fulfil the demands if signals below -25dB are not decoded. Surely some among us will feel this as absurd if a mode is getting limited sportively in it's capacity. But exactly this is a misunderstanding. Not the limitation of the capacity of a mode is the matter but what one wants to be a valid QSO.

Under the strict view one can not keep using JT65 in it's current version and declare all these QSOs as generally valid. One should also consider that with some patience, the average field really delivers 72 bits of information at almost no reduced sensitivity instead of 10 to 12 bits with the deep search. That is the outstanding achievement of JT65, but not the deep search.

If the dynamic view predominates, then a self dependent care of the list should be realized by all active amateurs. With it the mentioned problem of the uniqueness of decoding would become a pseudo problem. Anyway the dynamic view generates a couple of additional questions, which have been discussed partly in chapter 15. They have to be discussed further.

The question that was raised by Peter, G3LTF, [1] where the limit for a valid QSO should be set is still not answered with this. How the community may judge, WSJT with it's coherent m-FSK modes pleases all users in practice and the concept is somehow aesthetic.

For the author it is of importance that the community of radio amateurs would make a clear statement regarding the validity of QSOs. Therefrom the basic concepts for another new mode that is currently under development (not EME) depend vitally.

Nobody wants to offer a mode giving QSOs that are considered as invalid or to waste 2.5 dB of sensitivity, because no list for completion of the transfer is used although the community would accept that. For the designer the problem of validity is much more serious than for the user.

## Literature

- [1] P. Blair, G3LTF: EME contacts using digital modes, DUBUS 1/2005, p.76  
[2] B. Mischlewski, DF2ZC, What is a valid EME contact?, DUBUS 2/2005, p.71  
[3] C.E. Shannon, A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp.397-423,623-656, July, October 1948, <http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/shannon1948.pdf>  
or search for shannon1948.pdf (many hits)  
[4] J. Taylor, K1JT, The JT65 Communication Protocol, <http://pulsar.princeton.edu/%7Ejoe/K1JT/JT65.pdf> or search for JT65.pdf  
[5] T.Clark, W3IWI, P.Karn, KA9Q, EME 2000: Applying Modern Communications Technologies to Weak Signal Amateur Operations, Proc. Central States VHF Society, 1996

-----

# Über minimale QSOs und ihre Gültigkeit

*von Klaus von der Heide, DJ5HG*

Die Einführung der Ergänzung von Nachrichten mit Hilfe einer Liste bei der EME-Betriebsart JT65 hat eine z.T. heftige Diskussion darüber ausgelöst, ob QSOs in dieser Betriebsart offiziell anerkannt werden können [1,2]. Diese Schrift will nicht Partei ergreifen für die eine oder andere Seite. Sie will auch nicht digitale Verfahren angreifen. Der Autor macht immerhin fast die Hälfte seiner QSOs mit WSJT.

Diese Schrift soll nur die Grundlagen für eine sachliche Behandlung des Problems liefern und erläutern, warum eine solche Diskussion wirklich erforderlich ist und warum sie sämtliche Betriebsarten auf allen Bändern betrifft. Es wird gezeigt, aus welcher Sicht JT65 gültige Regeln verletzen könnte und wie man nie präzise formulierte Regeln auch so interpretieren kann, dass dies nicht der Fall ist. Diese Interpretation hätte einige Konsequenzen, die ebenfalls kurz besprochen werden.

Amateurfunk hat auch eine sportliche Seite. QSL-Karten sind Erfolgsbestätigungen. Vergleichen kann man Erfolge nur auf Basis festgelegter Regeln. Übertretungen gelten als Fouls. Wer die Notwendigkeit von Regeln nicht sieht, der sollte die Abschnitte 1, 9, 10, 11 überschlagen.

## 1. Gültigkeit eines QSOs

Die Anforderungen an ein QSO, um offiziell anerkannt zu werden, sind üblicherweise die Folgenden:

- (1) **Es müssen beide Rufzeichen in beiden Richtungen zweifelsfrei übertragen werden.**
- (2) **Es muss in beide Richtungen ein – wie auch immer garteter – Report übertragen werden.**
- (3) **Beide Stationen müssen vom Partner eine Bestätigung erhalten, dass (1) und (2) erfolgreich waren.**

Beim Pileup oder Contest wird allerdings fast immer in beiden Richtungen nur das Rufzeichen des Anrufenden genannt, und zwar gleichermaßen in SSB und in CW. Das wird generell hingenommen, weil eine Übertragung des Calls des Frequenzinhabers zum Anrufer sowieso stattgefunden haben muss. Auf die Bestätigung der Korrektheit durch nochmaliges Zurückschicken und Quittung wird dann verzichtet. Dies könnte als Argument dienen, auch bei digitalen Verfahren nur das eine Rufzeichen zu übertragen. Das

wäre aber weniger als bei einem analogen QSO, denn die Übertragung des zweiten Rufzeichens wird nur dann unterlassen, wenn die Verständigung so gut ist, dass damit schon das Vertrauen in die korrekte Übertragung dieses Rufzeichens gegeben ist. Andernfalls wird um die Übertragung *beider* Calls gerungen, bis beide Seiten die Information haben oder eine Seite aufgibt.

Wir können deshalb nicht umhin, für ein *ebenbürtiges* digitales Verfahren anstelle (1) zu fordern:

Es muss das Rufzeichen des Frequenzinhabers zum Anrufer und das des Anrufers zum Frequenzinhaber übertragen werden sowie genügend Information über das jeweils gehörte Rufzeichen, so dass *beide* Rufzeichen in *beiden* Richtungen mit hinreichendem Vertrauen quittiert werden können.

Damit es keine Missverständnisse gibt, ist für die sachliche Diskussion der korrekte Umgang mit den benutzten Begriffen wichtig. Offen bleibt im vorigen Absatz, was denn mit *genügend Information* und mit *hinreichendem Vertrauen* gemeint ist. Auch zeigt die besagte Diskussion, dass selbst Funkamateure den Begriff *Übertragung* keineswegs einheitlich benutzen. Sogar der scheinbar selbstverständliche Begriff *Call* kann so unterschiedlich aufgefasst werden, dass man trefflich aneinander vorbeireden kann. Wir werden all das in den folgenden Abschnitten zunächst klären müssen, bevor wir zum eigentlichen Thema kommen.

## 2. Der Begriff des Informationsgehaltes

Shannon [3] definiert den Informationsgehalt einer Nachricht entsprechend der in einer Kanne enthaltenen Menge an Flüssigkeit oder dem Gewicht eines Sackes - wobei es jeweils nur um das *Wieviel* und nicht um das *Was* geht - als Maßzahl mit der Einheit "bit". Diese Einheit darf nicht verwechselt werden mit den "binary digits", den Binärstellen, mit denen Information im Rechner gespeichert wird. Der Informationsgehalt ist auch hier klar zu trennen vom eigentlichen Inhalt der Nachricht und deren Bedeutung.

Der Informationsgehalt einer Nachricht  $N_i$  wird definiert durch

$$I_i = -\log_2(W_i)$$

Hierin ist  $W_i$  die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens genau der Nachricht  $N_i$  und  $\log_2$  ist der Logarithmus zur Basis 2. Die Bedeutung des Inhalts einer Nachricht ist innerhalb von Shannons Theorie irrelevant. Erst diese Abstraktion ermöglicht die mathematische Behandlung. Nehmen wir ein makabres Beispiel mit nur drei möglichen Nachrichten, d.h. der Empfänger weiß, dass er genau eine der drei folgenden Nachrichten empfangen wird:

$N_1; W_1 = 10^{-17}$ : Person A wurde heute von einem Meteor erschlagen

$N_2; W_2 = 10^{-7}$ : Person A wurde heute Opfer eines Verkehrsunfalls

$N_3; W_3 = 1 - 10^{-7} - 10^{-17}$ : Person A blieb heute am Leben

Der Informationsgehalt der drei Nachrichten ist:

$$I_1 = 56.47 \text{ bit}; I_2 = 23.25 \text{ bit}; I_3 = 0.000000144 \text{ bit}$$

Ein Informationsgehalt unter 25 bit reicht allenfalls für eine Notiz in der örtlichen Zeitung. Über 50 bit sind eine Sensation, die alle Medien weltweit als Schlagzeile bringen. Man bedenke, dass es für den Betroffenen und für die Nachwelt völlig egal ist, ob Fall 1 oder Fall 2 eintrat. Es sei einem bitte beim Lesen der Zeitung auch immer bewusst, dass dieses Prinzip der Auswahl der zu bringenden Nachrichten nach ihrem Informationsgehalt (besser wäre die Bezeichnung „Informationsgewicht“) die Welt schief darstellt: Reale Gefahren mit Millionen Betroffenen lohnen keine Zeile.

Im folgenden Beispiel wird Information in einer regellosen Sequenz von Zeichen des im Amateurfunk vielfach benutzten Alphabets mit 43 Zeichen (alle 26 Buchstaben, die Dezimalziffern und einige Sonderzeichen) gesendet [4]. Der Informationsgehalt eines Zeichens ist dann

$$I = -\log_2(1/43) = \log_2(43) = 5.426 \text{ bit.}$$

## 3. Der Informationsgehalt eines Amateurfunkrufzeichens

Für die meisten Amateurfunkrufzeichen gilt folgende Regel [4,5]: Es setzt sich zusammen aus Präfix, Ziffer, Suffix. Präfixe sind zweistellig aus Buchstaben und Ziffern. Einstellige Präfixe werden mit einem führenden Space zu zweistelligen. Suffixe sind dreistellig nur aus Buchstaben bzw. Space am Ende bei zwei- und einstelligen Suffixen. Mit dieser Regel lassen sich insgesamt  $37 \cdot 36 \cdot 10 \cdot 26 \cdot 27 \cdot 27 = 252467280$  Calls codieren.

Nimmt man alle als *gleich* wahrscheinlich an, so ergibt sich:

$$W_i = 1 / 252467280. \text{ Der Informationsgehalt eines Calls ist dann } I = 27.91 \text{ bit} \approx 28 \text{ bit.}$$

Der Fall unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit sei an folgendem Beispiel erläutert:

S52LM sei zehnmal häufiger in EME aktiv als DJ5HG und die Wahrscheinlichkeit, DJ5HG zu treffen sei  $W \ll 1$ . Dann ist die Wahrscheinlichkeit, S52LM zu treffen,  $10 \cdot W$ . Der daraus berechnete Informationsgehalt seines Calls ist  $-\log_2(10 \cdot W) = -\log_2(10) - \log_2(W) = -\log_2(W) - 3.32$ . Ein zehnmal so aktives Call hat also einen um 3.32 bit kleineren Informationsgehalt.

## 4. Die Entropie

Wenn die Wahrscheinlichkeiten  $W_i$  von Nachrichten bekannt und *verschieden* sind, rechnet man mit dem *durchschnittlichen* Informationsgehalt. Er wird als *Entropie* bezeichnet [3]:

$$H = - \sum_{i=1}^n W_i \log_2(W_i)$$

Ein einfaches Beispiel ist die Übertragung von Binärstellen, also 0 und 1, mit gleicher Häufigkeit und ohne für den Empfänger bekannte oder erkenntliche Regel. Dann ist:

$W_i = 1/2$  für alle Ziffern 0 und 1, also:

$$H = - 2 * 1/2 * \log_2(1/2) = 1$$

Der mittlere Informationsgehalt einer Binärstelle ist unter der genannten Voraussetzung also 1 bit. Der Unterschied zwischen *Binärstelle* und *Informationsgehalt* wird erst klar, wenn die Binärstellen nicht völlig zufällig sind. Hierzu ein Beispiel: Wir senden Zahlen als Dezimalzahlen, deren Ziffern binär in BCD übertragen werden:

Ziffer	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

Die Häufigkeit der Binärziffern ist an den Binärstellen 1...4 unterschiedlich, und überdies gibt es eine Abhängigkeit: Ist die erste Stelle 1, was nur in 20% der Fälle (8 und 9) vorkommt, so sind die beiden folgenden Binärstellen 0, diese tragen dann keinen Informationsgehalt, weil schon durch die 1 an Stelle 1 klar ist, dass die Nullen kommen müssen. Das führt, ohne dass wir dies jetzt nachrechnen, dazu, dass die 4 Binärstellen zusammen nur den Informationsgehalt von  $\log_2(10) = 3.32$  bit haben.

## 5. Der Übertragungskanal mit additiven Störungen

Die Entropie des gesendeten Signals sei  $H_x$ . Der Kanal fügt Rauschen hinzu. Aus den statistischen Eigenschaften des Rauschens lässt sich genau wie beim Nutzsignal eine Entropie  $H_r$  berechnen. Shannon leitet in seinen bahnbrechenden Arbeiten [3] her, dass beim Empfänger aufgrund des Rauschens vom Nutzsignal nur noch die Entropie  $H_y = H_x - H_r$  übrig ist. Wird z.B. eine Informationsmenge von 72 bit gesendet und das Rauschen hat eine Entropie von 50 bit, so kann der Empfänger (durchschnittlich) maximal 22 bit der gesendeten Information fehlerfrei rekonstruieren. Höchstens diese rekonstruierbare Information wird *übertragen*. Die restliche Information geht durch das Rauschen verloren. Im VHF-Bereich und darüber hat das Rauschen mit guter Näherung eine Gauss-Verteilung. Es heißt dann additives weißes Gauss'sches Rauschen (AWGN).

## 6. Die Kanalcodierung

Mit der Kanalcodierung wird erreicht, dass die übertragene Information auch dann fehlerfrei rekonstruiert werden kann, wenn der Empfänger aufgrund von Rauschen oder anderen Störungen oder Eigenschaften des Kanals wie Fading nicht exakt dasselbe empfängt, was gesendet wurde. Die Größe der Störung, gemessen durch  $H_r$ , muss aber unterhalb einer vom Code abhängigen Grenze bleiben, andernfalls misslingt die Rekonstruktion. Die Eigenschaften des Kanals (Rauschen und andere Störungen gehören dazu) bestimmen, welche Codierung geeignet ist. Das Prinzip der Rekonstruktion des Quellcodes aus den gestörten Empfangswerten wird für den Fall von Gauss-Rauschen (AWGN) an einem sehr einfachen Beispiel erläutert: Der Quellcode bestehe aus  $k=2$  bitstellen, der Kanalcode habe  $n=3$  Bitstellen und sei durch nachfolgende Tabelle gegeben. Anstelle der Binärwerte 0 und 1 werden die analogen Werte -1 bzw. +1 gesendet und demoduliert und erst durch den Decoder wieder in Binärwerte gewandelt:

Quellcode	Kanalcode	gesendet	empfangen	Abstand
0 0	0 0 1	-1 -1 +1	(Beispiel)	2.73
0 1	0 1 0	-1 +1 -1	-0.43 +1.55 +0.21	1.45
1 0	1 0 0	+1 -1 -1		3.16
1 1	1 1 1	+1 +1 +1		1.72

Die gesendeten Werte werden durch den Kanal verfälscht. Der Empfänger nimmt z.B. die angegebenen Werte auf. Der Decoder bestimmt den reellen Abstand dieses Punktes im  $n$ -dimensionalen Raum zu sämtlichen korrekten Codewörtern (hier ist  $n=3$ ). Da bei weißem Gauss-Rauschen kleine Fehlerwerte wahrscheinlicher als große sind, ist das Codewort mit dem kleinsten Abstand zum empfangenen das, welches mit größter Wahrscheinlichkeit gesendet wurde. Die Decodierung nach kleinstem Abstand liefert im Beispiel den Quellcode 0 1. In der Praxis ist die Berechnung sämtlicher Abstände nicht möglich, da  $k$  meistens sehr groß ist und  $2^k$  Abstände zu berechnen sind. Ein wesentliches Kriterium für einen brauchbaren Code ist deshalb die Decodierbarkeit durch eine effizientere Methode als die vollständige Suche.

Das Beispiel in Bild 1 soll demonstrieren, warum die Übertragung eines Codewortes mit  $n=255$  Bitstellen für  $k=8$  Quellcodebits wesentlich besser ist als die Übertragung der uncodierten 8 Bitstellen. In beiden Fällen, codiert und uncodiert, erfolgt die gesamte

Übertragung mit der Energie  $E$ . Im uncodierten Fall wird die einzelne Bitstelle also mit der Energie  $E_b = E / k$  übertragen, im codierten Fall aber nur mit der Energie  $E / n = 0.031 E_b$ . Bild 1 zeigt die Quadrate der Abstände eines empfangenen Wortes von jeweils sämtlichen korrekten Codewörtern, und zwar (a) im uncodierten Fall und (b) im codierten Fall. Im uncodierten Fall passt ein anderes Informationswort besser zum empfangenen als das korrekte (ein bit ist falsch).

## 7. Die Vertrauenswürdigkeit empfangener Nachrichten

Kein Code kann garantieren, dass die Rekonstruktion immer die korrekte Information liefert. Es gibt eine Restfehlerwahrscheinlichkeit, die stark vom Rauschen und natürlich vom Code selbst abhängig ist. Dies bedeutet, dass der Decodierer gar nicht die Informationsmenge  $H_y = H_x - H_r$  liefert sondern  $H_{yy} = H_y + H_{rr}$ , wo  $H_{rr}$  die Entropie des Restrauschens der Decodierung ist. Dieses Restrauschen bestimmt die Vertrauenswürdigkeit der decodierten Information. Ein kleiner Wert von  $H_{rr}$  entspricht hohem Vertrauen. Wichtig ist die Erkenntnis, dass Vertrauen auch Information ist, die man in bit messen kann, und dass man mit dem Code wählt zwischen etwas mehr decodierter Information mit geringerem Vertrauen oder weniger decodierter Information mit hohem Vertrauen. Wirklich übertragen wird in jedem Falle höchstens die Informationsmenge  $H_y$ , denn die bei Decodierfehlern falsch rekonstruierte Information kann man nicht als vom Sender zum Empfänger übertragen werten.

Im Falle der Benutzung eines Kanalcodes mit Fehlerkorrektur liefert der Decoder scheinbar Sinnvolles. Man kann Decodierfehler also nicht erkennen. Ein Mikrophon anstelle eines Transceivers und ein singender Vogel im Garten genügen z.B., um mit JT65 CQ-Rufe von realen Calls aus aller Welt (nämlich aus der Liste) zu empfangen. Deshalb ist bei decodierten Nachrichten eine Angabe der Vertrauenswürdigkeit wichtig. Häufig wird der zu codierenden Information zunächst eine Prüfsumme von wenigen bits angefügt.

**Bild 1** Übertragung einer Information von 8 bit mit derselben Gesamtenergie: (siehe engl. Text, Seite 41)

Links: 8 bit uncodiert; rechts: (255,8)-Simplex-Code

Aufgetragen sind (vertikal) die Quadrate der Abstände des empfangenen Wortes von sämtlichen 256 möglichen Codewörtern (horizontal). Als decodiert ausgewählt wird das Codewort mit dem kleinsten Abstand. Die Codierung mit kleiner Coderate (rechts) führt dazu, dass die Abstände zu allen Codewörtern nahezu gleich sind, so dass sich das gesendete Codewort deutlich aus der Wolke der übrigen heraushebt. Ein statistischer Test ergibt, dass ein solch großer Abstand nur einmal in einer Million Fälle per Zufall auftritt. Derselbe Test besagt im uncodierten Fall, dass das decodierte Wort mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Zufallsprodukt und deshalb nicht vertrauenswürdig ist.

Die Kanalcodierung erfolgt dann über die Information plus deren Prüfsumme. Nach der Decodierung kann man dann die Prüfsumme für die empfangene Nachricht berechnen und diese mit der empfangenen Prüfsumme vergleichen. Die Wahrscheinlichkeit, eine falsche Decodierung als korrekt zu übernehmen, ist dann etwa  $1/2n$ , wo  $n$  die Anzahl der bits der Prüfsumme ist. Natürlich ist die Prüfsumme Information, die zusätzlich als Teil der Codierung übertragen werden muss.

Bei kurzen Nachrichten ist die Prüfsumme vergleichsweise aufwändig. Dann kann man das Vertrauen direkt aus der Decodierung gewinnen. Aus dem Abstand des empfangenen Wortes vom gewählten Codewort kann nämlich die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, mit der ein solcher oder größerer Abstand im Fall von AWGN per Zufall auftritt. Ist diese Wahrscheinlichkeit 0.05 (also 5%) oder größer, wird man der decodierten Information nicht vertrauen können. Das erforderliche Vertrauensniveau hängt stark von der Anwendung ab. Ein Verfahren, mit dem E-Mails oder Computerprogramme übertragen werden sollen, wird viel kleinere Wahrscheinlichkeiten für Decodierfehler haben müssen als eines für EME. Gerade bei Verfahren für schwache Signale muss die Schwelle sorgfältig eingestellt werden, denn eine hohe Schwelle liefert zu häufig Decodierfehler, die als solche nicht erkennbar sind, und eine zu niedrige verwirft die meisten korrekten Decodierungen als nicht vertrauenswürdig. Für den Amateur, der seine Station nicht automatisch betreibt, ist deshalb die Arbeit mit relativ hoher Schwelle günstig, wenn mit jeder decodierten Information auch ein Hinweis zur Vertrauenswürdigkeit gegeben wird. Leider liegt die Schwelle des bei JT65 benutzten Koetter-Vardy-Algorithmus zur Decodierung des RS-Codes für unsere Zwecke viel zu tief. Dagegen wird bei der Tiefensuche ein „?“ an den decodierten Text angefügt, wenn die Korrelation des empfangenen Signals mit dem Codewort des angegebenen Textes nur schwach ist. Da WSJT etwas Entsprechendes bei FSK441A nicht bietet, hat der Autor sich einen eigenen Decoder gebaut, der die Zeichen je nach Signifikanz von fett schwarz bis hellgrau schreibt. Das erleichtert die Interpretation enorm (sorry, das realzeitliche Zusammenspiel mit WSJT klappt noch nicht, daher kein Download). Zu diesem aus der Übertragung selbst berechenbaren Vertrauen kommt meistens nicht übertragenes Vertrauen hinzu. Dies sei an folgendem der Realität nachgespieltem Fall erläutert:

Wenn ich weiß, dass unter dem Präfix XY nur XY9Z in Meteorscatter aktiv ist, und ich nach einem CQ-Ruf empfangen **6 26 DJ5HG XY9ZQ3 H**, dann werde ich wohl **XY9Z DJ5HG R26 R26** senden. Sind beide Rufzeichen bei mir fehlerfrei auf dem Bildschirm? Oder gehört das abschließende Blank dazu oder muss das Rufzeichen des Anrufers wenigstens zweimal sauber auf dem Schirm stehen, damit es *zweifelsfrei* ist, oder gar dreimal? Wenn jegliche Unsicherheit auf dem *Funkwege* beseitigt werden muss, und nur das kann mit *Übertragung* der Rufzeichen gemeint sein, dann wird man bei ungesicherter Übertragung (FSK441A) wohl die Datensicherung durch Wiederholung fordern müssen. Im genannten Fall habe ich die Sicherheit, dass der Datenmüll mit dem **Q** beginnt und nicht schon vorher oder erst mit der **3**, aus meinem *Vorwissen* bezogen. Die Übertragung des Rufzeichens fand also auf *zwei* Wegen statt. Man unterschätze dabei nicht die Informationsmenge, die das Vorwissen beiträgt. Ohne Vorwissen könnte ich nur vom CQ auf QRZ wechseln und auf einen ordentlichen Ping warten. Entsprechendes Wissen wird häufig einer Liste entnommen, auch wenn diese nicht direkt bei der Decodierung durch den Computer verwendet wird.

## 8. Die Ergänzung von Nachrichten mit Hilfe einer Liste

In diesem Abschnitt wird das Prinzip der Ergänzung mit Hilfe einer Liste beschrieben. Es ist dabei egal ob man selbst aktiv nachschlägt oder ob ein Computerprogramm das Wissen automatisch berücksichtigt. Bei der genannten Diskussion ist die Erkenntnis wichtig, dass man nicht über ein digitales Verfahren spricht sondern über eine Methode des Hinzufügens von Information zu teilweise übertragenen Nachrichten, die in SSB und CW genauso greift und auf 136 kHz QRSSQSOs auf 1/4 ihrer heutigen Länge verkürzen kann und wird, sofern man das zulässt. Ein Computer ist dabei hilfreich, aber nicht erforderlich. Zur Diskussion sind also *alle* Funkamateure eingeladen. Im Abschnitt 3 wurde gezeigt, dass der Informationsgehalt eines aktiven Calls geringer ist als das eines selteneren. Die Übertragung eines aktiven Calls erfordert also weniger Energie, sofern der Empfänger weiß, wer aktiv ist. Dieses Wissen liefert die Liste. Hier sind verschiedene Sichten bezüglich der Gültigkeit von QSOs vertretbar:

**Die strenge Sicht:** Ein Call hat den festgelegten Informationsgehalt 28 bit.

**Die dynamische Sicht:** Der Informationsgehalt eines Calls ist abhängig von der Aktivität.

**Die begrenzt dynamische Sicht:** Der Informationsgehalt eines Calls liegt im Intervall 16...32 bit.

Man wird sich für eine dieser Sichten entscheiden müssen. Vermutlich ist genau dies die *kritische* Frage. Besonders deutlich wird hier, dass sich die Diskussion wirklich nicht um ein digitales Verfahren dreht und auch nicht nur eine Betriebsart oder nur ein Frequenzband betrifft. Vielleicht sollte man hier noch hinzufügen, dass die Decodierung der Calls unabhängig von der Sicht *eindeutig* sein sollte. Während man in der dynamischen Sicht mit JT65 keine Probleme hat (Abschnitt 11), wird man an dieser Stelle dennoch Probleme bekommen (Abschnitte 12, 13). Das Prinzip der Ergänzung aus einer Liste kann demonstriert werden an folgendem hier absichtlich stark vereinfachten und auf ein Call reduzierten Verfahren zunächst *ohne* Codierung: Gesendet werde jeweils nur ein 6-stelliges Call *uncodiert* im Zeichenvorrat {A...Z,0...9, "Blank"}. Es wird eine (absichtlich kurze) Liste benutzt mit den Calls

<b>EA3DXU</b>	<b>ES6RQ</b>	<b>F9HS</b>	<b>HB9Q</b>	<b>I2FAK</b>	<b>IK1UWL</b>	<b>KB8RQ</b>	<b>N5BLZ</b>
<b>OH7PI</b>	<b>RK3FG</b>	<b>RN6BN</b>	<b>RW1AY</b>	<b>S52LM</b>	<b>UA4AQL</b>	<b>VK7MO</b>	<b>W5UN</b>

Als decodiertes Call wird dasjenige gewählt, bei dem die meisten Zeichen mit dem empfangenen Signal übereinstimmen. Nicht übereinstimmende Stellen werden bei dieser Summe als -1 abgezogen. Der Empfänger weiß bei manchen Zeichen auch, z. B. wenn dort Pulsstörungen sind oder Fading, dass sie unbrauchbar sind und markiert diese mit \* (erasure). Diese werden nicht mitgezählt. Ist die so erzielte Bewertung bei keinem Listeneintrag wenigstens 1 oder kommt die höchste Bewertung bei mehr als einem Eintrag vor, so gibt der Decoder "nil" aus. Der Empfänger liefert nun an den Decoder: "\*\*\*HX \*" Der Decoder ermittelt der Reihe nach für die Einträge der Liste folgende Bewertung (in derselben Anordnung):

-3	-3	+1	-1	-3	-3	-3	-3
-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1

Die höchste Bewertung – und sie erfüllt die Bedingung  $\geq 1$  - bekommt "F9HS". Dieses Call wird also decodiert und auf den Bildschirm geschrieben. Um dieses Ergebnis zu erzielen, hätte es genügt, den Sender nur bei der Übertragung des Suffix einzuschalten. Dass der Rest des Calls aus der Liste stammt, kann man durch Änderung der Liste prüfen. Steht nämlich anstelle von F9HS in der Liste z.B. G3HXU, so wird dieses Call decodiert.

Wir wissen aber nicht, was wirklich gesendet wurde, wir wissen nur, da war ein brauchbares Signal und "\*\*\*HX \*" wurde empfangen. Was wurde *übertragen* ? Diese Frage soll zunächst nicht beantwortet werden. Uns interessiert vielmehr, *wieviele* wurde übertragen? Unter der Annahme gleicher Wahrscheinlichkeit für alle n Calls einer Liste sind das  $\log_2(n)$  bit an Informationsgehalt, bei nicht gleicher Wahrscheinlichkeit im Durchschnitt weniger. Im obigen Fall mit n=16 werden also höchstens 4 bit übertragen, und zwar unabhängig davon, wieviele Zeichen der Empfangssequenz mit dem gewähltem Eintrag der Liste übereinstimmen. Die Anzahl der übereinstimmenden Zeichen bestimmt nur das Vertrauen.

Im Falle eines Skeds ist n=1 und damit die Informationsmenge 0 bit, was nur besagt, dass der Zugewinn an Information auf der Seite des Empfängers Null ist. Man beachte dabei, dass wir das Vorhandensein eines brauchbaren Signals getrennt betrachten. Einzig die zur Erzeugung des Vertrauens nötige Information ist im Fall eines Skeds zu übertragen, nicht aber das Call. Ein Fehlerkorrigierender Codes ändert nichts am Prinzip. Er macht die Sache nur besser. Die Ergänzung aus der Liste arbeitet dann wie folgt: Für alle Einträge der Liste werden die zugehörigen Codewörter berechnet und mit dem Empfangssignal korreliert. Dies ergibt die Bewertung für jeden Listeneintrag. Die Korrelation auf Basis der Codewörter anstelle der direkten Calls ist besser, weil alle Codewörter sich wenigstens in d Symbolen unterscheiden, wo d der Minimalabstand des Codes ist. Das Problem gleich guter Übereinstimmung für mehrere Einträge der Liste wie oben z.B. beim Empfang von "R\*\*\*\* " gibt es dann praktisch nicht. Von entscheidender Bedeutung für den Designer des Übertragungsverfahrens ist, dass die Decodierbarkeit des Codes hier keine Rolle spielt.

## 9. Der Fall JT65b in der strengen Sicht

Bei JT65 werden *beide* Rufzeichen, ein *Locator* und das *O-Bit* oder Varianten für eine Sendung codiert. Das ergibt jeweils 72 bit an Quellcode. Davon ist zumindest der Locator für ein QSO nicht geforderte Information. Beim zweiten Rufzeichen gibt es die Dis-

krepanz zwischen der üblichen Forderung (1) und der täglichen Praxis, dass ein *hinreichendes Vertrauen* in die korrekte Übertragung ausreicht. Dies Vertrauen kann aus einer Prüfsumme (z.B. 4 bit) oder aus der Decodierung selbst gewonnen werden, sofern das Decodierverfahren dies hergibt. Anstelle des tatsächlich codierten Informationsgehaltes von 72 bit wird nur ein Informationsgehalt von 28 bit (Call) plus 1 bit (O) plus evtl. 4 bit (Prüfsumme) gefordert. Deshalb könnte man argumentieren, dass die für die Übertragung von 72 bit an Information aufgebrauchte Energie rechtmäßig nur für die Übertragung von 33 bit dienen soll. Man dürfe diesen schon auf der Sendeseite eingegangenen Verlust von  $10 \cdot \log_{10}(72 / 33) = 3.388$  dB auf der Empfangsseite durch Ergänzung der Nachricht aus einer Liste wieder wett machen. Wenn die tatsächlich übertragene Menge an Information den Forderungen (1) und (2) genügt, könnte man das akzeptieren. Dafür muss die Liste allerdings sämtliche Einträge haben, die man noch zulassen will. Im Falle JT65 sind das folgende  $2 \cdot 228$  Kombinationen: CQ mit allen möglichen Calls entsprechend der Regel, sowie MyCall mit allen möglichen Calls. Das liegt natürlich jenseits aller Möglichkeiten. Weil dem Verfahren in JT65 einerseits eine solche Liste, aus der die am besten passende Nachricht ausgewählt würde, wegen der irrsinnigen Länge nicht zur Verfügung stehen kann, und weil andererseits das simple Auswählen der am besten passenden Nachricht aus einer verkürzten Liste in der strengen Sicht offensichtlich die Forderungen (1) und (2) verletzen würde, muss die Decodierung von JT65 so erfolgen, als ob die riesige Liste da wäre. Die Decodierung entspricht dann derjenigen im Bild 1 auf der rechten Seite. Der Decoder bestimmt alle Abstände für die entsprechenden Kombinationen mit der großen Liste, sucht den kleinsten und ermittelt die Vertrauenswürdigkeit des Ergebnisses.

Tatsächlich wird die Wolke nur mit den Einträgen der *verkürzten* Liste ermittelt anstelle der ca. 228 möglichen Calls. Die ca. 3000 aus den ca. 1000 Einträgen einer üblichen Liste erhaltenen Punkte sind aber *repräsentativ* für die Wolke. Mit einer größeren oder anderen verkürzten Liste würde die Wolke nur im Rahmen der statistischen Schwankungen anders liegen. Die Wolke lässt sich also gut auf der Basis der vorhandenen Liste abschätzen. Wie weit aber muss der tiefste Punkt von der Wolke entfernt sein, damit wir ziemlich sicher sind, dass kein anderer Punkt der großen, aus ca.  $2 \cdot 228$  Punkten bestehenden Wolke nicht doch zufällig noch tiefer liegt? Das ist leicht zu sagen: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein noch größerer Abstand zufällig vorhanden ist, muss kleiner sein als  $1 / (2 \cdot 228) = 0.00000001863$ . Wir hatten oben den Informationsgehalt des zweiten Rufzeichens zu 4 bit abgeschätzt. Damit modifiziert sich dieser Wert zu  $1 / (2 \cdot 232) = 0.000000001164$ . Aus der Gauss'schen Verteilungsfunktion ergibt sich hieraus, dass der Abstand des Punktes von der Wolkenmitte wenigstens das 6.34-fache der Standardabweichung innerhalb der Wolke betragen muss.

Es ist genau dies die entscheidende Stelle. Wäre die Schwelle so eingestellt, wie hier beschrieben, dann wird man trotz möglicher Vorbehalte, die im Abschnitt 15 noch angesprochen werden, JT65-QSOs ohne Einschränkungen anerkennen können.

## 10. Überprüfung der Decodierschwelle von JT65

Anstatt das Programm selbst zu analysieren, wollen wir die Überprüfung allein über dessen Decodierverhalten vornehmen. Angenommen der Decodierer würde mit der riesigen Liste arbeiten. Wir bieten ihm allein die Synchronisationssequenz an plus Gauss'sches Rauschen. JT65 synchronisiert, aber der Decoder erhält nur Rauschen. Wir nehmen weiter an, dass der Decoder aggressiv ist: Er liefert *immer* ein Call der großen Liste. Der Anteil der Decodierungen mit Calls, die in unserer *verkürzten* Liste verzeichnet sind, ist gleich dem Verhältnis der Größen der Listen:

$4700 / 228 = 0.0000175$ . Wenn die Länge der Liste nur für die Rechenzeit von Bedeutung ist, dann muss die Häufigkeit der Decodierungen mit Call bei Verwendung der verkürzten Liste 0.0000175 sein. Unter 57000 Decodierungen von Gauss-Rauschen dürfte im Durchschnitt also nur eine sein, die ein Call der Liste mit oder ohne „?“ auf den Bildschirm schreibt. Tatsächlich beobachten wir hier eine krasse Diskrepanz: Die Wahrscheinlichkeiten von Decodierungen ohne und mit „?“ sind schon bei der Option „nicht aggressiv“ ca. 0.005 bzw. 0.15 anstelle von 0.0000175. Dies beweist, dass die Calls aus der Liste so ergänzt werden, wie im Abschnitt 8 beschrieben. Selbst dann, wenn JT65 das Vertrauen in eine Decodierung so hoch bewertet, dass kein „?“ gesetzt wird, würde der Decodierer bei Verwendung der großen Liste fast immer ein anderes Call decodieren, das in der verkürzten Liste nicht vorkommt. In der strengen Sicht kann die Tiefensuche von JT65 also nicht akzeptiert werden. Aber vertritt die Mehrheit diese strenge Sicht?

Wird eine Liste Call3.txt mit n Einträgen benutzt, so ist der Informationsgehalt einer decodierten Zeile höchstens  $\log_2(n)$  bit. Für eine mit WSJT gelieferte Liste von  $n = 4700$  sind das 12.2 bit, bzw. für die ca. 1000 EME-Einträge 10 bit. Hinzu kommt das Vertrauen, das sich aus der Wahrscheinlichkeit p von Decodierungen aus reinem Rauschen zu  $-\log_2(p)$  ergibt. Mit  $p = 0.005$  und  $p = 0.15$  (ohne und mit „?“) hat man 7.6 bit bzw. 2.7 bit. Man beachte, dass der Informationsgehalt von 10 bit im EME-Fall weniger ist als der Gehalt von zwei Zeichen bei FSK441A  $\log_2(43 \cdot 43) = 10.85$  bit. Während JT65 mit dem Kötter-Vardy-Decodierer ein technisch ausgefeiltes Verfahren ist, beruht der „Gewinn“ der Tiefensuche einzig auf der Reduktion der übertragenen Informationsmenge von 72 bit auf 10 bit. Dabei gehen leider die guten Eigenschaften des Codes verloren, so dass von den  $10 \cdot \log_{10}(72/10) = 8.5$  dB nur 4 dB verbleiben.

## 11. JT65 in der dynamischen Sicht

Die dynamische Sicht erlaubt die Anpassung des Informationsgehaltes von Calls an die Aktivität des Amateurs. Die Liste in JT65 quantifiziert die Aktivität nur zweiwertig: aktiv bzw. nicht aktiv. Diese Zweiwertigkeit entspricht dem Decodierverfahren, in dem nur die aktiven Calls bei der Tiefensuche berücksichtigt werden. Offenbar genügt JT65 der dynamischen Sicht. Die zu übertragende

Informationsmenge von 12.2 bit bzw. 10 bit dürfte aber unterhalb jeder sinnvollen Grenze in der begrenzten dynamischen Sicht sein.

## 12. Eindeutigkeit der Decodierung

Werden Calls einer Liste als aktiv und damit als wahrscheinlich angesehen, so ist deren Informationsgehalt klein. Der Informationsgehalt der restlichen Calls ist dann größer als der durchschnittliche Informationsgehalt. Da die Codierung dieser restlichen Calls in JT65 aber nicht mehr bits als der Durchschnitt benötigt, kann die Decodierung nicht eindeutig sein. Diese Uneindeutigkeit werden wir im folgenden Abschnitt in Form von Alias-Calls wiederfinden.

## 13. Wie ergeht es Amateuren, die nicht in der Liste sind?

Nehmen wir an, es war **W5HX**, der im Beispiel von Abschnitt 8 gesendet hat. Alle fünf Listeneinträge, bei denen wenigstens ein Zeichen mit W5HX übereinstimmt sind potentielle *Alias*.

Die Tiefensuche kann, auch wenn die erste Decodierung nur knapp verfehlt wurde, das korrekte Rufzeichen nicht finden, wenn es in der Liste fehlt. Statt dessen wird, falls überhaupt, das Alias geliefert, dessen Codewort am besten passt. Im Beispiel ist das F9HS. Der Autor hat Wave-Dateien mit Matlab erzeugt und diese von WSJT4 und WSJT6 decodieren lassen mit verschiedenem „MyCall“ und verschiedenen „Call3.txt“. Nachfolgend ein Beispiel, in dem die Sendung UA4AQL DJ5HG JO53 bei SNR = -28 dB von WSJT6 decodiert wird:

MyCall UA4AQL decodiert ohne DJ5HG in der Liste einen Alias mit "?":

```
J5HG_2 1 -28 2.1 -3 2 * UA4AQL UA1C KO58 ?
```

MyCall UA4AQL decodiert mit DJ5HG in der Liste das richtige Rufzeichen (ohne "?"):

```
J5HG_2 1 -28 2.1 0 2 * UA4AQL DJ5HG JO53
```

MyCall SV1BTR decodiert dieselbe Wave-Datei in beiden Fällen zu:

```
J5HG_2 1 -28 2.1 2 2 * SV1BTR DL1AAH JO52 ?
```

10 Dateien UA4AQL DJ5HG JO53 mit MyCall UA4AQL bei SNR = -23 dB decodiert ohne DJ5HG in der Liste:

```
J5HG_1 8 -22 2.1 -3 2 * CQ DL3AZI JO51 ?
```

```
5HG_10 6 -24 2.1 3 2 * UA4AQL W2DRZ FN02 ?
```

```
J5HG_2 7 -23 2.0 0 2 *
```

```
J5HG_3 6 -23 2.0 0 2 * UA4AQL DJ5HG JO53
```

```
J5HG_4 8 -23 2.0 3 2 * UA4AQL PE1AGJ JO30 ?
```

```
J5HG_5 9 -23 2.1 3 2 * UA4AQL HB9CRQ JN47 ?
```

```
J5HG_6 5 -23 2.0 0 2 *
```

```
J5HG_7 6 -25 2.0 0 2 * UA4AQL G8MBI JN04 ?
```

```
J5HG_8 7 -23 2.1 0 2 *
```

```
J5HG_9 6 -24 2.1 0 2 * UA4AQL I2CSE JN55 ?
```

Alle mit einem „?“ versehenen Zeilen decodieren Alias. Die Existenz von Alias aus der benutzten Liste ist ein Beweis dafür, dass mehr als nur das eigene Call und ein Locator aus der Liste ergänzt wird, nämlich auch Information über das andere Call (vgl. Abschnitt 8). Die Häufigkeit von Alias mit guter Korrelation, also ohne „?“, ist deutlich geringer (Abschnitt 10).

## 14. Integration von mehreren Durchgängen (Average)

JT65 summiert Empfangsdurchgänge, bei denen zwar die Synchronisation gelang, aber nicht die Decodierung des RS-Codes. Diese Summe wird ebenfalls in jedem Durchgang decodiert. Da diese Decodierung nur mit dem Koetter-Vardy-Algorithmus erfolgt, sind QSOs, bei denen die Information im Average-Feld decodiert wurde, ganz sicher gültig. Bei ihnen wurde deutlich mehr an Information übertragen als gefordert. An dieser Stelle wäre es selbst im Rahmen der strengen Sicht möglich, noch 2.5 dB zu gewinnen, und zwar ohne Liste. Dann hätte man ein Verfahren, dass etwa die Empfindlichkeit der derzeitigen Tiefensuche ohne Liste erreicht.

## 15. Konsequenzen der dynamischen Sicht

In den QSO-Regeln ist von Calls die Rede. Bei CW oder SSB ist dabei wohl das von der jeweiligen Behörde erteilte Call aus Buchstaben und Ziffern gemeint. In digitalen Verfahren kann das Call aber von vornherein unter Berücksichtigung der Aktivität mit unterschiedlicher Länge codiert werden oder der Decoder kann wie bei JT65 durch Vorgabe von Information und Benutzung einer Liste einen unterschiedlichen Informationsgehalt simulieren. Wie das Beispiel in Abschnitt 8 zeigt, ist die Benutzung einer Liste

aber nicht auf digitale Verfahren beschränkt. Sollte die dynamische Sicht als maßgeblich für die Gültigkeit von QSOs festgelegt werden, so sind folgende Punkte zu bedenken:

- Die Tiefensuche ist kein neues Verfahren, das nur mit einem Computer und nur mit digitaler Übertragung möglich ist. Vielmehr gingen alle QSO-Versuche bislang offenbar davon aus, dass eine derartige Reduzierung der Calls unzulässig ist. Vermutlich herrschte die strenge Sicht vor, weil die dynamische Sicht außerhalb der Denkweite lag.

- Frühere HSCW-MS-Versuche z.B. müssten nachträglich anerkannt werden, wenn sie damals fehlschlügen, weil nur drei Buchstaben der Calls empfangen wurden. Bei der JT65-Tiefensuche ist nur das Äquivalent von irgend zwei Zeichen von Call oder Locator zur Decodierung erforderlich.

- Die Benutzung einer Liste ist bei *allen* Verfahren hilfreich. Wenn die Benutzung bei einem Verfahren zulässig ist, kann man das kaum einem anderen Verfahren verwehren. Auch ein FSK441A-QSO aufgrund eines Skeds z.B., bei dem die Partner vorher folgendes verabredeten, muss dann gültig sein:

```
CallA de CallB      wird codiert durch !%%
CallA de CallB 26 wird codiert durch !%6
CallA de CallB 27 wird codiert durch !%7
CallA de CallB 28 wird codiert durch !%8
CallA de CallB R26 wird codiert durch !%1
CallA de CallB R27 wird codiert durch !%2
CallA de CallB R28 wird codiert durch !%3
CallA de CallB RRR wird codiert durch !%R
CallB de CallA      wird codiert durch !&%
usw.
```

Diese Codierung benutzt Wörter aus drei Zeichen des 43-Zeichen-Alphabets. Für die Rufzeichen werden dabei  $\log_2(43 \cdot 43 \cdot 43) - \log_2(m) = 12.2788$  bit verwendet.  $m = 16$  ist die Anzahl der möglichen Codewörter. Wer jemals nach einem CQ-Ruf in FSK441A mehrfach offensichtlich Teile des eigenen Calls zusammen mit Fragmenten eines oder mehrerer(!) Rufzeichen empfangen hat, der wird ermessen können, dass eine solche Codierung Meteorscatter zum Kinderspiel macht. Man kann das wollen. Dem Autor kommt dies allerdings so vor wie das Angeln eines Fisches, den man in die Badewanne gesetzt hat.

- Natürlich ist es besonders bei SSB-Meteorscatter hilfreich, eine Liste zu benutzen. Drei Buchstaben für Call, Report und Datensicherung zusammen dürften in Europa genügen. Insgesamt ergibt das 10 zu übertragende Buchstaben pro QSO. Ein Log-Programm für diesen Fall mit automatischer Generierung der Sprache lässt sich in wenigen Stunden schreiben. Für diejenigen, die nicht in der Liste sind und für die Aufsichtsbehörde nennt man alle fünf Minuten das volle Rufzeichen.

- Listen müssen bei allen Amateuren aktualisiert werden. Kurzfristig ausgegebene spezielle Rufzeichen können nicht zeitgerecht in die Listen aufgenommen werden. Wer vom Urlaubsort Funkbetrieb machen möchte, muss seine Reise sehr langfristig ankündigen. Nach der Reise sollte das Call wieder gestrichen werden. Gäste eines EME-Operators können dort nicht unter Ihrem Call arbeiten. An dieser Stelle ist unbedingt eine Lösung zu finden, bei der jeder sofort per Internet eine zentrale Liste bezüglich seines Calls aktualisieren kann und *muss*. Wer sich z.B. drei Monate nicht gemeldet hat, sollte automatisch gestrichen werden. Und der Decoder sollte warnen, wenn seine Liste zu alt ist und evtl. bei einem Alter von mehr als drei Monaten die Tiefensuche verweigern.

- Jedes zukünftige Verfahren muss, um konkurrenzfähig zu sein, eine entsprechende Ergänzung der Calls mit Hilfe einer Liste vornehmen. Eine einmal zugelassene Ergänzung ist deshalb eine generelle Festlegung für die Zukunft. Bei schwachen Signalen würde nichts mehr ohne Liste gehen.

## 16. Schlusswort

Je nach Sicht, dynamisch oder streng, genügt JT65 den derzeit gültigen QSO-Regeln oder nicht. Nach der strengen Sicht sind QSLs für diese Betriebsart nicht wertbar, wenn das SNR kleiner als -25 dB ist und es nicht zu einer Decodierung im Average-Feld kommt. JT65 würde die Anforderungen erfüllen, wenn Signale unter -25dB nicht decodiert werden. Sicher werden einige unter uns es als absurd empfinden, ein Verfahren mutwillig in seiner Leistung zu beschränken.

Genau das ist aber ein Missverständnis. Es geht nicht um die Einschränkung der Möglichkeiten eines Verfahrens sondern darum, was man als gültiges QSO werten möchte. Mit der strengen Sicht kann man nicht an JT65 in seiner heutigen Form festhalten und zugleich die QSOs als allgemein gültig erklären wollen. Man sollte auch bedenken, dass das Average-Feld mit etwas Geduld bei kaum geringerer Empfindlichkeit wirklich 72 Informationsbits liefert anstelle der 10 bis 12 bits bei der Tiefensuche. Das ist die herausragende Leistung von JT65.

Wenn die dynamische Sicht vorherrscht, dann sollte man die eigenverantwortliche Pflege der Liste durch alle aktiven Amateure realisieren. Damit wäre auch das genannte Problem der Eindeutigkeit der Decodierung in ein Schein-problem gewandelt. Die dynamische Sicht wirft allerdings eine Reihe von zusätzlichen Fragen auf, die zum Teil im Abschnitt 15 angesprochen wurden und weiter zu diskutieren sind.

Die von Peter, G3LTF, in [1] aufgeworfene Frage, wo denn die Grenze für ein gültiges QSO sein sollte, ist damit noch nicht beantwortet. Wie auch immer die Gemeinschaft urteilen mag, WSJT mit seinen kohärenten m-FSK-Verfahren bereitet allen Nutzern in der Praxis Freude, und das Konzept hat überdies etwas Ästhetisches.

Dem Autor ist sehr daran gelegen, dass die Gemeinschaft der Funkamateure alsbald eine klare Aussage zur Gültigkeit von QSOs macht. Die grundlegenden Konzepte für ein in Arbeit befindliches neues Verfahren (nicht EME) hängen entscheidend davon ab. Niemand möchte ein Verfahren anbieten, dessen QSOs als ungültig gewertet werden oder das 2.5 dB an Empfindlichkeit verschenkt, weil es keine Liste zur Ergänzung der Übertragung benutzt. Für den Designer ist das Gültigkeitsproblem viel gravierender als für den Benutzer.

## **Literatur**

Siehe engl. Text oben